

UNIVERSITE DE MONTPELLIER

FACULTE DES SCIENCES

T H E S E

présentée à la Faculté des Sciences de Montpellier
pour obtenir le grade de Docteur ès Sciences Naturelles.

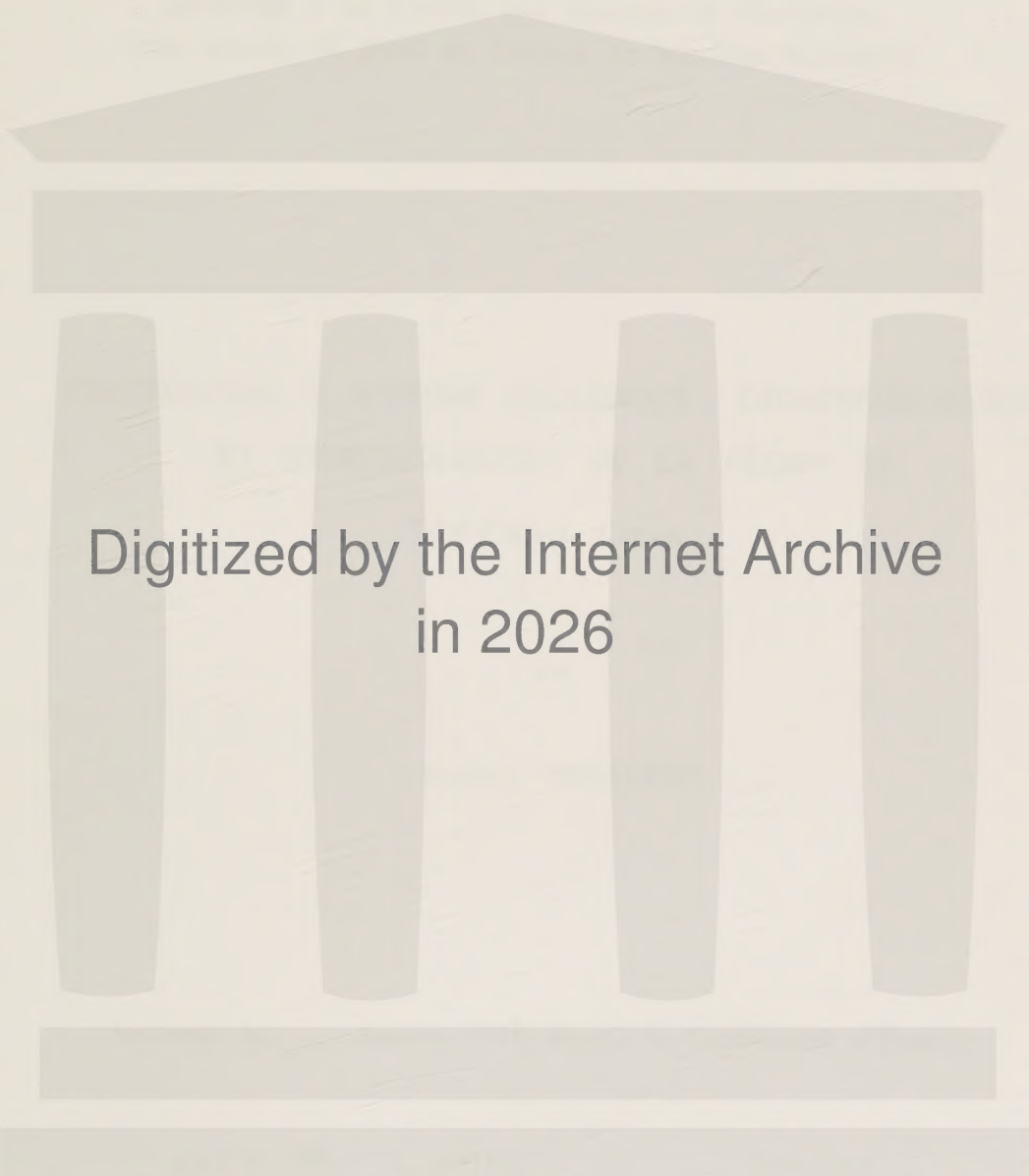
CONTRIBUTION A L'ETUDE GÉOLOGIQUE , GÉOMORPHOLOGIQUE
ET HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DE
TÉHÉRAN (IRAN)

par

Maurice ENGALENC

Soutenue le Janvier 1968 devant la Commission d'Examen.

Jury : MM.	J. AVIAS,	Président
	M. MATTAUER, }	Assesseurs
	O. DOLLFUS, }	
	F. FARCHAD,	Invité



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555618_0008

UNIVERSITE DE MONTPELLIER

FACULTE DES SCIENCES

T H E S E

présentée à la Faculté des Sciences de Montpellier
pour obtenir le grade de Docteur ès Sciences Naturelles.

CONTRIBUTION A L'ETUDE GÉOLOGIQUE , GÉOMORPHOLOGIQUE
ET HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DE
TÉHÉRAN (IRAN)

par

Maurice ENGALENC

Soutenue le Janvier 1968 devant la Commission d'Examen.

Jury : MM.	J. AVIAS,	Président
	M. MATTAUER, }	Assesseurs
	O. DOLLFUS, }	
	F. FARCHAD,	Invité



FACULTE DES SCIENCES

LISTE DES PROFESSEURS

DOYEN : A. CASADEVALL

Assesseurs : Ch. SAUVAGE
P. DUMONTET

Doyen honoraire : P. MATHIAS

Professeurs honoraires : R. JACQUES J. SOULA
M. CASTERAS G. DENIZOT
E. CARRIERE J. GRANIER
E. TURRIERE Ch. BOUHET

Professeurs titulaires :

M.	M. MOUSSERON		Chimie Organique
M.	L. EMBERGER		Botanique
M.	J.P. ROIG		Physique
M.	P. CHATELAIN		Minéralogie et Cristallographie
Mlle	O. TUZET		Zoologie
Mlle	G. CAUQUIL		Chimie Organique
M.	G. COUCHET		Mécanique Supérieure
M.	J. SALVINIEN		Chimie-Physique
Mlle	A.M. VERGNOUX		Physique
M.	J. AVIAS		Géologie
M.	P. VIELES		Chimie
M.	RABINOVITCH		Physique (C.S.U. P.)
M.	E. KAHANE		Chimie biologique
M.	J.J. MOREAU		Mécanique Rationnelle
M.	B. CHARLES		Mathématiques Pures
M.	J. MOTTE		Biologie Végétale

M.	R. JOUTY		Physique
M.	P. DUMONTET		Physique
M.	R. LEGENDRE		Zoologie
M.	I. ASSENMACHER		Physiologie Animale
M.	A. CASADEVALL		Chimie Organique
M.	B. PISTOULET		Physique
M.	Ch. ROUMIEU		Analyse Supérieure
M.	J. ROBIN		Physique
M.	A. POTIER		Chimie Minérale
M.	R. LAFONT		Physique
M.	R. JACQUIER		Chimie
M.	J. FALGUEIRETTES		Minéralogie
M.	J. REGNIER		Chimie
Mme	J. CHARLES		Mathématiques
M.	P. CAILLON		Physique
M.	J. ROUZAUD		Chimie
M.	Ch. SAUVAGE		Botanique
M.	H. CHRISTOL		Chimie (E.N.S.I.)
Mme	G. VERNET		Biologie Animale
M.	L. CECCHI		Physique
M.	H. ANDRILLAT		Astronomie

Professeurs sans chaire :

Mme	M.L. de POUCQUES		Botanique (C.S.U. P.)
M.	P. MURAUOUR		Géophysique appliquée
Mme	M. LAFON		Mathématiques
M.	M. MATTAUER		Géologie
M.	G. TOURNE		Chimie
M.	L. EUZET		Zoologie (C.S.U. P.)
M.	J. REMY		Géologie
M.	P. DEMANGEON		Géologie
M.	A. BONNET		Botanique
M.	M. SAVELLI		Physique
M.	G. DELOUPY		Physique
Mme	S. ROBIN		Physique
M.	L. GRAMBAST		Botanique
M.	J.P. LAFON		Mathématiques
Mme	Ch. DUBOUL-RAZAVET		Géologie (C.S.U. P.)
M.	E. GROUBERT		Physique
Mme	H. GUASTALLA		Biologie Physico-chimique
M.	G. LAMATY		Chimie
M.	F. PROUST		Géologie
Mlle	A. BAILLETTE		Mathématiques (C.S.U. P.)

Maîtres de Conférences :

M.	R. GAUFRES		Chimie
M.	A. BASSOMPIERE		Physique
M.	R. MARTY		Psycho-Physiologie
M.	M. MAURIN		Chimie
M.	J.J. SOULIER		Chimie (C.S.U. P.)
M.	J. PARIS		Zoologie
M.	P. MOLINO		Mathématiques
M.	N. ROBY		Mathématiques (C.S.U. P.)
Mme	PARIS-PIREYRE		Physiologie Végétale
M.	G. BOUGNOT		Physique
M.	Y. GUITTON		Physiologie Végétale (C.S.U. P.)
M.	F. BOMBRE		Physique (C.S.U. P.)
M.	C. PUISSEGUR		Biologie Animale (C.S.U. P.)
M.	P. VIALLET		Chimie (C.S.U. P.)
M.	L. THALER		Géologie
M.	LEGRAND		Physiologie Animale
	X		Mathématiques (M. BOUIX)

Chargés d'Enseignement :

M.	M. LEFRANC		Mathématiques
M.	A. STURER		Mathématiques

Secrétaire Principal :

E. SIAU

AVANT - PROPOS

Il nous est agréable d'exprimer ici notre reconnaissance à tous ceux qui, aux titres les plus divers, ont contribué à la réalisation de cet ouvrage.

Monsieur le Professeur J. AVIAS, Directeur du Laboratoire de Géologie et du Centre d'Etudes et de Recherches Hydrogéologiques de Montpellier, m'enseigna la Géologie et m'orienta vers l'Hydrogéologie; ses conseils et ses avis m'ont fortement encouragé.

Nos plus vifs remerciements s'adressent à M. MATTAUER, Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Montpellier et à Monsieur O. DOLLFUS de l'Institut de Géographie de l'Université de Paris, qui ont bien voulu être membres du jury.

Monsieur le Doyen F. FARCHAD est à l'origine de notre venue en Iran et par suite, à l'origine de ce travail. Nous lui exprimons notre gratitude ainsi qu'à Messieurs le Recteur SALEH et le Professeur A. EGHBALI.

Monsieur G. CASTANY, au cours de ses séjours en Iran, nous a prodigué de précieux conseils.

Mr A. VATAN nous initia à la Géologie de l'Iran, Mr O-W. TSCHELTZOFF nous familiarisa avec les techniques hydrologiques récentes.

Nous adressons notre profonde reconnaissance à S.E. Monsieur ROUHANI, Ministre de l'Eau de le l'Electricité, ancien Directeur de l'Office de l'Eau à Téhéran, à M. DILMARANI l'actuel Directeur, à M. FOUTOUHI le très aimable Directeur du laboratoire d'Analyses des Eaux, ainsi qu'aux laborantins.

Les travaux de cartographie géologique ont été réalisés avec l'efficace collaboration du Service Géologique d'Iran. Nous remercions vivement son Directeur M. KHADEM, ainsi que M. TARAS et la dynamique équipe de dessinateurs, dirigée par M. SEPER.

Comment oublier l'aimable accueil de M. MAHDAVI, Directeur du "Département des Ressources en Eaux Souterraines" du Ministère de l'Eau et de l'Electricité, de Monsieur ZANDI et de tous cadres et techniciens de cet organisme ?

Qu'il me soit permis de remercier S.E. Monsieur BEHNIA, ancien Directeur de l'Institut d'Hydrogéologie de Téhéran, Monsieur MOZAYENI l'actuel Directeur, ainsi que MM. ARDESTANI et H. LAURENT.

Nous remercions MM. GANDJII et KHASSEH de l'Office de la Météorologie Nationale Iranienne; le Centre Français de Documentation Technique et son Directeur M. LIOTARD ; l'Amicale Technique Franco-Iranienne ; M. F. REINACH, Conseiller de la Coopération Technique Française.

Que tous ceux, qui de loin ou de près, directement ou indirectement ont contribué par leur activité professionnelle, trouvent ici nos remerciements : MM. LARMINAT, J. STÖCKLIN, TÖLSTRÖM, M. NABAVI du Service géologique d'Iran ; M. D. SAUBOT (Intrafor); M. CATIN (Solétanche); M. BUS-SON (SASER), M. BABLON (SOGREAH); M. COLA DES FRANCS (SIF-Iran); M. FAIVRE-DUPAIGRE (S.C.E.T - Iran); M. MENU (C.G.G.)

Je voudrais rappeler le souvenir que je garde MM. BOUMENDIL, J. BERGER (C.G.G.) et M. BARRIERE (C.G.G.).

Mes remerciements amicaux s'adressent à M. TEHRANI-TORABI, son aide sur le terrain me fut d'un grand secours.

Tous ceux qui, par leur amitié ont rendu mon séjour agréable sont associés à la réalisation de cet ouvrage.

Enfin, comment remercier ma femme, compagne des longues randonnées, qui fut mon plus grand reconfort ?

je lui dédie cet ouvrage.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
<u>AVANT PROPOS</u>	
<u>HISTORIQUE DES TRAVAUX EXISTANT SUR LA REGION DE TEHERAN</u>	1
<u>INTRODUCTION GEOGRAPHIQUE</u>	2
1.- <u>GEOGRAPHIE PHYSIQUE</u>	2
1.1 - <u>SITUATION GEOGRAPHIQUE - LES LIMITES</u> DE LA REGION	2
1.1.1 - <u>Situation</u>	2
1.1.2 - <u>Limites</u>	2
1.1.3 - <u>Grandes unités géographiques</u>	2
1.2 - <u>LE RELIEF</u>	3
1.2.1 - <u>Cartographie</u>	3
1.2.2 - <u>Photographies aériennes</u>	4
1.2.3 - <u>Les altitudes</u>	4
1.2.4 - <u>Analyse du relief par tranches d'altitudes</u>	5
1.3 - <u>L'HYDROGRAPHIE</u>	5
2.- <u>GEOGRAPHIE HUMAINE</u>	6
 <u>PREMIERE PARTIE</u>	
GEOLOGIE	
<u>INTRODUCTION GENERALE A LA GEOLOGIE (HISTORIQUE)</u>	7
 I - <u>GEOLOGIE DES BORDURES</u>	9

	<u>Pages</u>
1.- <u>STRATIGRAPHIE</u>	9
<u>INTRODUCTION</u>	9
1.1 - <u>LE PALEOZOIQUE INFERIEUR (PRE-CAMBRIEN</u> <u>CAMBRIEN)</u>	9
1.1.1 - <u>Localisation</u>	9
1.1.2 - <u>Faciès</u>	9
1.1.3 - <u>Age</u>	11
1.1.4 - <u>Le problème des "couches de passage"</u> <u>Cambrien ou Dévonien ?</u>	12
1.2 - <u>LE CARBONIFERE</u>	12
1.2.1 - <u>Le problème des lacunes</u>	12
1.2.2 - <u>Faciès</u>	12
1.2.3 - <u>Age</u>	13
1.2.4 - <u>Epaisseur</u>	13
1.3 - <u>LE PERMIEN</u>	13
1.3.1 - <u>Localisation</u>	13
1.3.2 - <u>Faciès</u>	14
1.3.3 - <u>Epaisseur</u>	14
1.3.4 - <u>Age</u>	14
1.4 - <u>LE TRIAS</u>	15
1.4.1 - <u>Historique</u>	15
1.4.2 - <u>Faciès et âge</u>	15
- <u>Le Trias "Fossilifère"</u>	16
- <u>La "masse dolomitique"</u>	17
1.4.3 - <u>Epaisseurs</u>	17
1.4.4 - <u>Localisation</u>	18

	<u>Pages</u>
1.5 - <u>LE LIAS</u>	18
1.5.1 - <u>Faciès</u>	18
1.5.2 - <u>Age</u>	20
1.5.3 - <u>Epaisseur</u>	20
1.5.4 - <u>Localisation</u>	20
1.6 - <u>LE JURASSIQUE</u>	21
1.6.1 - <u>Faciès</u>	21
1.6.2 - <u>Age</u>	22
1.6.3 - <u>Epaisseur</u>	22
1.6.4 - <u>Localisation</u>	23
1.7 - <u>LE CRETACE INFERIEUR</u>	23
1.7.1 - <u>Historique</u>	23
1.7.2 - <u>La base du Crétacé</u>	24
1.7.3 - <u>Aptien</u>	24
- <u>Faciès et localisation</u>	24
- <u>La faune</u>	26
1.7.4 - <u>Albien</u>	26
1.8 - <u>LE CRETACE SUPERIEUR</u>	27
1.8.1 - <u>Cénomanién - Turonien</u>	27
- <u>Faciès et localisation</u>	27
- <u>Age</u>	28
1.8.2 - <u>Sénonien</u>	29
- <u>Sénonien inférieur : les couches rouges</u>	29
- <u>Faciès</u>	29
- <u>Origine</u>	29
- <u>Age</u>	29
- <u>Epaisseur</u>	30
- <u>Localisation</u>	30

	<u>Pages</u>
- <u>Sénonien inférieur gréseux</u>	30
- <u>Faciès</u>	30
- <u>La faune</u>	31
- <u>Localisation</u>	31
- <u>Les calcaires récifaux</u>	31
1.8.3 - <u>Campanien</u>	32
- <u>Faciès</u>	32
- <u>Faune</u>	32
- <u>Localisation</u>	32
<u>Tableaux récapitulatifs du Crétacé</u>	33
<u>Conclusion sur le Crétacé</u>	33
1.9 - <u>EOCENE INFÉRIEUR</u>	34
1.9.1 - <u>Région de Mesgarabad</u>	34
1.9.2 - <u>Nord-Est du Bibicharbanou</u>	35
1.9.3 - <u>Touchal</u>	35
1.9.4 - <u>Collines volcaniques du Sud</u>	36
1.9.5 - <u>Les couches de passage</u>	36
1.10- <u>EOCENE MOYEN (LUTETIEN)</u>	37
1.10.1- <u>Les calcaires lutétiens</u>	37
- <u>Mesgarabad</u>	37
- <u>Lipazanak</u>	37
- <u>Touchal</u>	37
- <u>Les collines volcaniques du Sud</u>	37
1.10.2- <u>Le bassin gypsifère de Mesgarabad</u>	37
- <u>Faciès</u>	38
- <u>Conditions de gisement du gypse</u>	38
- <u>Age</u>	39

1.11 - <u>EOCENE SUPERIEUR : LES COUCHES VERTES DE</u> <u>L'ELBOURZ</u>	39
1.11.1 - <u>Le complexe de base</u>	39
1.11.2 - <u>Les calcaires schisteux noirs</u> <u>inférieurs</u>	39
- <u>Faciès</u>	39
- <u>Morphologie</u>	40
- <u>Epaisseurs</u>	40
- <u>Localisation</u>	40
1.11.3 - <u>La série des tufs verts inférieurs</u>	41
- <u>Position stratigraphique</u>	41
- <u>Epaisseur</u>	41
- <u>Faciès</u>	41
- <u>Morphologie</u>	41
- <u>Sédimentologie</u>	42
1.11.4 - <u>La série des calcaires schisteux</u> <u>noirs supérieurs</u>	42
- <u>Faciès</u>	42
- <u>Morphologie</u>	43
- <u>Epaisseur</u>	43
1.11.5 - <u>La série des tufs verts supérieurs</u>	43
- <u>Faciès et morphologie</u>	43
- <u>Epaisseur</u>	44
1.11.6 - <u>Conclusions sur les "couches vertes"</u>	44
- <u>Hypothèses sur l'origine des couches</u> <u>vertes</u>	44
- <u>Epaisseur</u>	45
- <u>Age</u>	46
- <u>Proposition d'une nomenclature</u> .	46

	<u>Pages</u>
1.12 - <u>OLIGO-MIOCENE - MIOCENE</u>	47
1.12.1 - <u>Localisation</u>	47
1.12.2 - <u>Faciès</u>	48
1.12.3 - <u>Age</u>	48
1.12.4 - <u>Epaisseur</u>	48
2.- <u>PETROGRAPHIE DES ROCHES ERUPTIVES</u>	49
2.1 - <u>INTRODUCTION</u>	49
2.2 - <u>AGE</u>	49
2.2.1 - <u>Age des roches volcaniques</u>	49
2.2.2 - <u>Age du massif cristallin</u>	50
2.3 - <u>EXTENSION DU MASSIF CRISTALLIN</u>	50
2.4 - <u>PETROGRAPHIE</u>	51
2.4.1 - <u>Anti-Elbourz</u>	51
- <u>Les faciès du Massif cristallin</u>	51
- <u>Le métamorphisme de contact</u>	52
- <u>Les faciès du volcanisme de Mesgarabad</u>	53
2.4.2 - <u>Les faciès des reliefs volcaniques du Sud</u>	53
2.4.3 - <u>Elbourz</u>	53
2.5 - <u>CONCLUSIONS SUR LES ROCHES ERUPTIVES</u>	55
3.- <u>MATIERES UTILES</u>	56
3.1 - <u>MATERIAUX DE CONSTRUCTION</u>	56

	<u>Pages</u>
3.1.1 - <u>Limons à briques</u>	56
3.1.2 - <u>La pierre à bâtir</u>	56
3.1.3 - <u>La pierre à ciment</u>	57
3.1.4 - <u>Materiaux divers</u>	57
3.2 - <u>SUBSTANCES MINERALES</u>	58
4.- <u>TECTONIQUE</u>	59
4.1 - <u>SITUATION TECTONIQUE DE LA REGION AU SEIN DE LA CHAINE DE L'ELBOURZ</u>	59
4.1.1 - <u>Les grandes unités structurales de l'Elbourz</u>	59
4.1.2 - <u>Le style tectonique général de l'Elbourz</u>	60
4.1.3 - <u>Les unités étudiées</u>	60
4.2 - <u>L'ELBOURZ PROPREMENT DIT</u>	60
4.2.1 - <u>Caractères généraux</u>	60
4.2.2 - <u>Le Mont Tauchal (structure)</u>	60
4.2.3 - <u>Le bassin montagneux du Kan</u>	61
4.2.4 - <u>Les Monts du Latyan</u>	61
4.3 - <u>L'ANTI-ELBOURZ</u>	61
4.3.1 - <u>La masse septentrionale</u>	62
4.3.2 - <u>La partie méridionale</u>	62
- <u>Localisation</u>	62
- <u>Style tectonique</u>	62
- <u>Descriptions locales</u>	63
- <u>La limite Sud de l'Elbourz</u>	63
- <u>Y a t'il une phase hercynienne ?</u>	63

	<u>Pages</u>
4.4 - <u>LE SILLON MEDIAN ET LE PIEMONT</u>	64
4.4.1 - <u>Le style tectonique</u>	64
4.4.2 - <u>Hypothèses sur le style tectonique du substratum</u>	64
4.5 - <u>LA BORDURE NORD DU BASSIN CENTRAL IRANIEN</u>	65
4.5.1 - <u>Localisation</u>	65
4.5.2 - <u>Le style tectonique</u>	65
4.5.3 - <u>Le Substratum</u>	65
4.6 - <u>CONCLUSION : EVOLUTION DES PHENOMENES GEOLOGIQUES AU COURS DES AGES</u>	66
4.6.1 - <u>Période Anté-Alpine</u>	66
4.6.2 - <u>Tectonique alpine</u>	67
<u>Géophysique</u>	68
 II - <u>GEOLOGIE DES FORMATIONS ALLUVIALES</u>	 71
1.- <u>STRATIGRAPHIE DU PIEMONT DE TEHERAN</u>	71
<u>INTRODUCTION - HISTORIQUE</u>	71
1.1 - <u>LA FORMATION "A"</u>	71
1.1.1 - <u>Description</u>	71
- <u>Zone des Hézardareh</u>	72
- <u>Observations morphoscopiques</u>	72
- <u>Origine des sédiments</u>	72
- <u>Faciès</u>	73
- <u>Piémont de Téhéran</u>	74

	<u>Pages</u>
- <u>Faciès</u>	74
- <u>Nature des éléments</u>	75
1.1.2 - <u>Etude des relations entre le Miocène et les alluvions "A" - Age</u>	75
- <u>Les faciès de passage</u>	75
- <u>Miocène</u>	76
- <u>Pontien</u>	76
- <u>Pliocène</u>	76
1.1.3 - <u>Localisation du Pliocène</u>	77
1.1.4 - <u>Existence possible du Villafranchien</u>	
- <u>Faciès et localisation</u>	78
- <u>Hypothèse sur l'âge</u>	78
1.2 - <u>LA FORMATION "B"</u>	79
1.2.1 - <u>Caractères généraux</u>	79
1.2.2 - <u>Faciès</u>	79
1.2.3 - <u>Croûtes et encroûtements</u>	80
1.2.4 - <u>Existence de "B" hors du piémont</u>	81
1.2.5 - <u>Extension du "B" vers l'aval du piémont</u>	81
1.2.6 - <u>Origine des sédiments</u>	81
1.2.7 - <u>Appellation du "B"</u>	82
1.3 - <u>LA FORMATION "C"</u>	82
1.3.1 - <u>Caractères généraux</u>	82
1.3.2 - <u>Localisation</u>	82
1.3.3 - <u>Faciès</u>	83
1.3.4 - <u>Nature des galets</u>	83

	<u>Pages</u>
1.3.5 - <u>Le "C" à l'aval du piémont</u>	83
1.3.6 - <u>Appellation du "C"</u>	84
1.4 - <u>LES ALLUVIONS "D"</u>	84
1.4.1 - <u>Localisation</u>	84
1.4.2 - <u>Faciès</u>	85
1.4.3 - <u>Nature des galets</u>	85
1.4.4 - <u>Epaisseur</u>	85
1.4.5 - <u>Le "D" dans la plaine limoneuse</u>	86
2. - <u>TECTONIQUE DES ALLUVIONS DE TEHERAN</u>	86
2.1 - <u>LE STYLE TECTONIQUE</u>	87
2.1.1 - <u>Généralités</u>	87
2.1.2 - <u>Les directions structurales</u>	87
2.1.3 - <u>Le style tectonique</u>	87
2.2 - <u>LES PRINCIPALES STRUCTURES</u>	88
2.2.1 - <u>Zone des Hézardareh</u>	88
- <u>Anticlinal des Hézardareh</u>	88
- <u>L'accident de Dalendrazeh</u>	89
- <u>Anticlinal de Madjidabad</u> <u>Qasemabad - Schyan</u>	89
- <u>Les collines de Schyan-Lavesan</u>	90
2.2.2 - <u>La région centrale et Ouest du</u> <u>piémont de Téhéran</u>	90
- <u>Les collines qui jalonnent le</u> <u>pied de l'Elbourz</u>	90
- <u>L'alignement de l'Hôtel Hilton</u>	91
- <u>L'anticlinal d'Abbasabad</u>	91
- <u>La butte de Qasr-é-Kadjar</u>	92

	<u>Pages</u>
- <u>La colline de "Iran-National"</u> . . .	92
- <u>Les dépressions synclinales</u> . . .	92
- <u>Tectonique et morphologie</u>	93
2.3 - <u>ETUDE DES RELATIONS ENTRE LE PIED SUD DE L'ELBOURZ ET LE PIEMONT</u>	93
2.3.1 - <u>La rive droite de la rivière Kan</u> . .	93
2.3.1 - <u>La rive gauche de la rivière Kan</u> . .	94
- <u>Description de la coupe</u>	94
- <u>Interprétation</u>	95
2.3.3 - <u>Hézarak</u>	95
- <u>Description de la coupe</u>	95
- <u>Interprétation</u>	96
2.3.4 - <u>Moradabad</u>	96
2.3.5 - <u>Farahzad</u>	96
2.3.6 - <u>Sahadatabad</u>	97
- <u>Description</u>	97
- <u>Evolution du contact anormal</u> . . .	97
2.3.7 - <u>Schadabad : chevauchement ou masses glissées</u>	97
- <u>Coupe de Kachanak</u>	97
- <u>Coupe de Schadabad</u>	98
- <u>Coupe de l'Hôpital militaire</u> . . .	99
2.3.8 - <u>Conclusions sur les relations entre le pied de l'Elbourz et le piémont</u>	99
- <u>Accidents du type chevauchant</u> . .	99
- <u>Failles redressées</u>	100

	<u>Pages</u>
2.4 - <u>EXISTE T'IL UNE TECTONIQUE QUATERNAIRE ?</u> . . .	100
2.4.1 - <u>Faille de la Télévision</u>	101
2.4.2 - <u>Faille de Bagh-é-Feyz</u>	101
2.4.3 - <u>Le gradin de Farahzad</u>	102
2.4.4 - <u>Localisation des dépôts récents</u> . . .	102
2.4.5 - <u>Autres indices</u>	102
2.5 - <u>CONCLUSIONS ET HYPOTHESES SUR LA TECTONIQUE</u> <u>DU PIEMONT DE TEHERAN</u>	103
2.5.1 - <u>Le pied Sud de l'Elbourz</u>	103
2.5.2 - <u>Le piémont de Téhéran</u>	103
2.5.3 - <u>Le plateau Central</u>	104
2.5.4 - <u>Considérations théoriques sur la</u> <u>tectonique</u>	104

DEUXIEME PARTIE

GEOMORPHOLOGIE DE LA REGION DE TEHERAN

<u>INTRODUCTION</u>	107
I - <u>LES CONDITIONS DE LA MORPHOGENESE</u>	109
1.- <u>LES FACTEURS CLIMATIQUES</u>	109
1.1 - <u>LES PRECIPITATIONS</u>	109
1.2 - <u>LES TEMPERATURES</u>	110
2.- <u>LA VEGETATION</u>	110

	<u>Pages</u>
3.- <u>LES SOLS</u>	111
3.1 - <u>DANS LE PIEMONT</u>	111
3.2 - <u>DANS LA PLAINE</u>	111
3.3 - <u>DANS LES RELIEFS</u>	111
4.- <u>L'ECOULEMENT SUPERFICIEL</u>	112
4.1 - <u>DANS L'ELBOURZ</u>	112
4.2 - <u>DANS LE PIEMONT</u>	112
4.3 - <u>DANS LA PLAINE LIMONEUSE</u>	113
4.4 - <u>DANS L'ANTI-ELBOURZ</u>	113
4.5 - <u>DANS LES RELIEFS VOLCANIQUES DU SUD</u>	113
5.- <u>LES VENTS</u>	114
6.- <u>LES FACTEURS GEOLOGIQUES</u>	114
6.1 - <u>FACTEURS TECTONIQUES</u>	114
6.2 - <u>FACTEURS LITHOLOGIQUES</u>	115
7.- <u>LE FACTEUR ANTHROPIQUE</u>	115
7.1 - <u>INFLUENCE SUR LA VEGETATION</u>	115
7.2 - <u>INFLUENCE SUR LE RUISSELLEMENT</u>	116
7.3 - <u>CONSEQUENCES DIVERSES</u>	117
8.- <u>CONCLUSION</u>	117
II- <u>LES FORMES LOCALES DU RELIEF</u>	119
<u>INTRODUCTION</u>	119

	<u>Pages</u>
1.- <u>LA BORDURE MONTAGNEUSE</u>	119
1.1 - <u>L'ELBOURZ</u>	119
1.1.1 - <u>Jeunesse du relief et altitudes</u>	119
1.1.2 - <u>Les torrents de boues</u>	120
1.1.3 - <u>Les éboulis</u>	121
1.1.4 - <u>Les produits de l'érosion</u>	121
1.1.5 - <u>Les formes d'accumulation</u>	122
1.1.6 - <u>Le verrou de Farahzad</u>	122
1.1.7 - <u>Les torrents</u>	123
1.1.8 - <u>En résumé</u>	123
1.2 - <u>ANTI-ELBOURZ</u>	124
1.2.1 - <u>Prédominance de la lithologie</u>	124
1.2.2 - <u>Surfaces d'érosion</u>	125
1.2.3 - <u>Les terrasses</u>	125
1.2.4 - <u>Le piémont de l'Anti-Elbourz</u>	126
1.2.5 - <u>Résumé</u>	127
2.- <u>LE PIEMONT DE TEHERAN</u>	128
2.1 - <u>LE DEGRE D'EROSION DES FORMATIONS ALLUVIALES</u>	128
2.1.1 - <u>Les alluvions "A"</u>	128
2.1.2 - <u>Les alluvions "B"</u>	129
2.1.3 - <u>Les alluvions "C"</u>	130
2.1.4 - <u>Les alluvions "D"</u>	130
2.2 - <u>LA COULEUR DES FORMATIONS ALLUVIALES</u>	130
2.2.1 - <u>Les cailloutis "A"</u>	130
2.2.2 - <u>Les formations "B"</u>	131

	<u>Pages</u>
2.2.3 - <u>La surface des alluvions "C"</u>	131
2.2.4 - <u>Les cailloutis "D"</u>	131
2.3 - <u>LES FORMES ETAGEES DU PIEMONT</u>	132
2.3.1 - <u>Le niveau inférieur (glacis inférieur)</u> . .	132
2.3.2 - <u>Le deuxième niveau (glacis moyen)</u>	132
2.3.3 - <u>Le glacis supérieur</u>	134
2.3.4 - <u>Le haut niveau des Hézardareh</u>	136
2.3.5 - <u>Résumé</u>	137
3. - <u>LES FORMES ETAGEES DE LA PLAINE DE TEHERAN</u>	138
3.1 - <u>LE GLACIS INFÉRIEUR</u>	139
3.1.1 - <u>Définition et localisation</u>	139
3.1.2 - <u>L'encaissement du glacis inférieur</u>	139
3.2 - <u>LE DEUXIEME GLACIS</u>	140
3.2.1 - <u>Définition et localisation</u>	140
3.2.2 - <u>Faciès du deuxième glacis</u>	140
3.2.3 - <u>Interprétation des coupes</u>	141
3.3. - <u>LE GLACIS SUPERIEUR</u>	142
3.3.1 - <u>Localisation</u>	142
3.3.2 - <u>La falaise de Kahrizak</u>	142
3.3.3 - <u>Les faciès du glacis supérieur</u>	143
3.4 - <u>LES BUTTES TRONQUEES DU SUD DE LA REGION</u>	144
3.4.1 - <u>Description d'une butte</u>	144
3.4.2 - <u>Le problème de l'âge</u>	145

	Pages
3.4.3 - Localisation et équivalences	146
3.4.4 - Origine du glacis encroûté	146
3.4.5 - Influence de la tectonique	147
3.4.6 - Résumé des faits et des idées exposés sur le troisième glacis	147
3.5 - EXISTENCE D'UN QUATRIEME GLACIS	148
3.6 - CONCLUSIONS SUR LES FORMES ETAGEES DE LA PLAINE DE TEHERAN	150
4.- LES COLLINES VOLCANIQUES DU SUD ET LEURS PIEMONTIS	151
4.1 - LES RELIEFS VOLCANIQUES	151
4.1.1 - Origine des reliefs volcaniques	151
4.1.2 - Le ruissellement	151
4.2 - LES PIEMONTIS DES RELIEFS VOLCANIQUES	152
4.2.1 - Reliques d'un ancien glacis	152
4.2.2 - Inversion de reliefs au niveau du troi- sième glacis	153
4.2.3 - Les paysages du piémont de la montagne de Dutuyeh	153
4.2.4 - Le piémont du Kouh-é-Arath	154
- Le versant Sud-Ouest	154
- A l'Ouest et au Nord-Ouest	154
- L'extrémité Est du piémont	155
- L'extrême Sud-Est du piémont	155
5.- LES SOLS SALES	157
5.1 - LES ZONES D'EPANDAGES A SOLS SALES	157
5.2 - LES DEPRESSIONS FERMEES	158

	<u>Pages</u>
5.2.1 - <u>Le kévir de Tchamborax</u>	158
5.2.2 - <u>Les formes superficielles du kévir de Tchamborax</u>	158
5.2.3 - <u>Description des sols salés polygonaux</u> . . .	159
5.2.4 - <u>Origine des sols salés polygonaux</u>	160
5.2.5 - <u>Age du kévir de Tchamborax</u>	160
6.- <u>LES CROUTES ET LES ENCROUTEMENTS</u>	161
6.1 - <u>LES CROUTES D'ORIGINE MORPHOLOGIQUE</u>	161
6.2 - <u>LES CROUTES D'ORIGINE PEDOLOGIQUE</u>	162
6.3 - <u>LES CROUTES D'ORIGINE HYDROGEOLOGIQUE</u>	162
6.3.1 - <u>Description et localisation</u>	162
6.3.2 - <u>Relations entre les croûtes et les aquifères</u>	163
6.3.3 - <u>Origine du calcaire des croûtes</u>	164
6.3.4 - <u>Les croûtes gypseuses</u>	164
6.4 - <u>EN RESUME</u>	165
III - <u>RESUME DES FAITS ET HYPOTHESES SUR L'EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE DE LA REGION DE TEHERAN</u>	167
1.- <u>EVOLUTION DES FORMES DE RELIEFS AU COURS DU QUATERNAIRE</u>	167
1.1 - <u>LA REGION DE TEHERAN PENDANT LA SEDIMENTATION PLIOCENE</u>	167
1.2 - <u>LES PHASES D'EROSION DU DEBUT DU QUATERNAIRE</u>	168
1.2.1 - <u>Le quatrième glaciais des Hézardareh</u>	168
1.2.2 - <u>Le troisième glaciais</u>	168
1.3 - <u>LA REGION DE TEHERAN PENDANT LA SEDIMENTATION DES ALLUVIONS "B"</u>	169

	<u>Pages</u>
1.4 - <u>LA GRANDE PHASE D'EROSION ENTRE LES DEPOTS B et C</u>	170
1.4.1 - <u>Le creusement dans le piémont de Téhéran</u>	170
1.4.2 - <u>Le creusement dans la plaine</u>	171
1.4.3 - <u>Evolution de l'écoulement pendant la période de creusement post-B dans le Sud de la région</u>	172
1.4.4 - <u>Causes du creusement</u>	172
1.5 - <u>LA REGION DE TEHERAN AU COURS DE LA SEDIMENTATION DES ALLUVIONS 11C¹¹</u>	173
1.5.1 - <u>Dans le piémont de Téhéran</u>	173
1.5.2 - <u>Dans la plaine</u>	173
1.5.3 - <u>Autour des reliefs volcaniques</u>	174
1.5.4 - <u>Le pourtour de l'Anti-Elbourz</u>	175
1.6 - <u>LA PERIODE DE CREUSEMENT ACTUELLE</u>	175
2.- <u>QUELQUES PRECISIONS D'ORDRE GEOLOGIQUE</u>	176
2.1 - <u>TECTONIQUE RECENTE</u>	176
2.2 - <u>PRECISIONS STRATIGRAPHIQUES</u>	177
3.- <u>CLIMATO-MORPHOLOGIE</u>	178
3.1 - <u>MORPHOLOGIE CLIMATIQUE DANS LE PIEMONT</u>	178
3.2 - <u>CLIMAT ET MORPHOLOGIE DANS LE SUD DE LA REGION</u>	179
3.3 - <u>COMMENT CONCEVOIR LES VARIATIONS CLIMATIQUES DU QUATERNAIRE</u>	180
3.4 - <u>TENTATIVE DE CHRONOLOGIE QUATERNAIRE</u>	180
<u>CONCLUSIONS SUR LA GEOMORPHOLOGIE DE LA REGION DE TEHERAN</u>	181

TROISIEME PARTIE

HYDROGEOLOGIE DE LA REGION DE TEHERAN

I - <u>CLIMATOLOGIE</u>	185
1.- <u>GENERALITES SUR LE CLIMAT</u>	185
1.1 - <u>INFLUENCE DES RELIEFS SUR LE CLIMAT DE TEHERAN</u>	186
1.2 - <u>LA CIRCULATION GENERALE DE L'ATMOSPHERE ET L'ORIGINE DES PLUIES AU NORD DU PLATEAU IRANIEN</u>	187
1.3 - <u>NATURE DU SOL ET SON REVETEMENT</u>	187
1.4 - <u>INFLUENCE D'UNE GRANDE VILLE SUR LE CLIMAT</u>	189
2.- <u>LES DONNEES D'OBSERVATION -- LEUR INTERPRETATION</u> . .	190
2.1 - <u>LE RESEAU DES STATIONS D'OBSERVATION</u>	190
2.2 - <u>LES PRECIPITATIONS</u>	191
2.2.1 - <u>Hauteur moyenne normale de pluie, annuelle</u>	191
2.2.2 - <u>Régime pluviométrique</u>	191
2.2.3 - <u>Coefficient pluviométrique mensuel</u>	193
2.2.4 - <u>Nombre moyen de jours de pluie</u> . . .	194
2.2.5 - <u>Variabilité inter-annuelle</u>	194
2.2.6 - <u>Variation de la pluviométrie avec l'altitude</u>	195
2.2.7 - <u>Précipitations solides</u> ;	196
2.3 - <u>LES TEMPERATURES</u>	196
2.3.1 - <u>Température moyenne normale de l'année</u>	196
2.3.2 - <u>Maxima - minima</u>	196
2.3.3 - <u>Amplitudes</u>	197
2.3.4 - <u>Régime thermique annuel</u>	197

	<u>Pages</u>
2.4 - <u>LA PRESSION ATMOSPHERIQUE</u>	198
2.5 - <u>LES VENTS</u>	200
2.6 - <u>HUMIDITE RELATIVE</u>	200
2.7 - <u>L'EVAPORATION</u>	201
3.- <u>DEFINITION DU CLIMAT DE TEHERAN - L'ARIDITE</u>	203
<u>CONCLUSION SUR LE CLIMAT DE TEHERAN</u>	205
II - <u>HYDROLOGIE DE SURFACE</u>	207
1.- <u>ECOULEMENT DANS LES RELIEFS</u>	207
1.1 - <u>LES BASSINS DE RECEPTION</u>	207
1.2 - <u>RETENTION DE SAISON FROIDE</u>	208
1.3 - <u>LES CRUES</u>	209
1.4 - <u>ETIAGES</u>	209
1.5 - <u>DEFINITION DU TYPE D'ECOULEMENT DANS LES RELIEFS</u>	211
1.6 - <u>LE RUISSELLEMENT</u>	211
1.7 - <u>LE VERROU DE FARAHZAD</u>	211
2.- <u>ECOULEMENT DANS LE PIEMONT</u>	212
2.1 - <u>LES FACTEURS DE L'ECOULEMENT</u>	212
2.1.1 - <u>Morphologie</u>	212
2.1.2 - <u>Lithologie</u>	212
2.1.3 - <u>Climat</u>	213

	<u>Pages</u>
2.2 - <u>LE MODE D'ECOULEMENT DANS LE PIEMONT</u>	213
2.3 - <u>PARTICULARITES DE L'ECOULEMENT PROPRE AU PIEMONT DE TEHERAN</u>	213
2.4 - <u>ROLE DU PIEMONT SUR L'HYDROLOGIE GENERALE</u> . . .	214
3.- <u>ECOULEMENT DANS LA PLAINE LIMONEUSE</u>	215
3.1 - <u>LE MODE D'ECOULEMENT DANS LA PLAINE</u>	215
3.2 - <u>NOTION DE NIVEAU DE BASE EN ZONE ARIDE</u>	215
3.3 - <u>UN TYPE PARTICULIER D'ECOULEMENT SUB- SUPERFICIEL, LES GHANATS</u>	216
<u>CONCLUSION SUR L'HYDROLOGIE</u>	217
III - <u>HYDROGEOLOGIE (EAUX SOUTERRAINES)</u>	218
<u>INTRODUCTION</u>	218
1.- <u>ETUDE DES AQUIFERES DE LA REGION DE TEHERAN</u>	219
1.1 - <u>LES DONNEES DE LA GEOLOGIE</u>	219
1.1.1 - <u>Les bordures montagneuses</u>	219
1.1.2 - <u>La dépression de Téhéran</u>	220
- <u>Stratigraphie</u>	
- <u>Structure</u>	
1.2 - <u>LES DONNEES DE LA GEOMORPHOLOGIE</u>	222
1.2.1 - <u>Géomorphologie et hétérogénéité des aquifères</u>	222
1.2.2 - <u>Géomorphologie et particularités hydrologiques</u>	223

	<u>Pages</u>
1.3 - <u>ETUDE DES CONDITIONS AUX LIMITES ET DE MILIEU</u> <u>DES AQUIFERES</u>	224
1.3.1 - <u>Les conditions aux limites</u>	224
1.3.2 - <u>Les conditions de milieu de l'aquifere</u>	225
1.4 - <u>LES AQUIFERES DE LA REGION DE TEHERAN</u>	225
1.4.1 - <u>Les aquifères du piémont</u>	226
1.4.2 - <u>Les aquifères de la plaine alluviale</u>	228
1.4.3 - <u>Les nappes de piémont</u>	228
1.4.4 - <u>La zone des eaux en charge</u>	229
2.- <u>LA SURFACE DES EAUX SOUTERRAINES</u>	230
2.1 - <u>L'INVENTAIRE DES POINTS D'EAU</u>	230
2.2 - <u>LA CARTE PIEZOMETRIQUE</u>	231
2.2.1 - <u>Valeur d'une carte piézométrique</u>	231
2.2.2 - <u>Interprétation des données piézométriques</u>	231
- <u>Caractères généraux</u>	232
- <u>Analyse piézométrique du piémont</u>	233
- <u>Analyse piézométrique dans la plaine</u> <u>limoneuse</u>	234
2.2.3 - <u>Profondeur de la surface piézométrique</u>	235
2.2.4 - <u>Les variations de la surface des eaux</u> <u>souterraines</u>	237
3.- <u>CONSIDERATIONS SUR LES CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES</u> <u>DES AQUIFERES</u>	238
3.1 - <u>CONSIDERATIONS GENERALES SUR L'HYDRODYNAMI-</u> <u>QUE DES AQUIFERES DE TEHERAN</u>	238
3.2 - <u>VALEURS LOCALES DES CARACTERISTIQUES</u> <u>HYDRODYNAMIQUES</u>	240

	<u>Pages</u>
3.3.- <u>INTERPRETATION DE QUELQUES ESSAIS DE POMPAGE</u>	243
3.3.1 - <u>Pompage dans la zone externe des cônes de déjection (aquifère en charge)</u>	243
3.3.2 - <u>Essais dans la plaine de Kahrizak</u>	243
3.3.3 - <u>Essais dans le glacis principal du piémont</u>	244
3.3.4 - <u>Essais près d'un accident</u>	244
3.4 - <u>COMMENT INTERPRETER LES VALEURS DES CARACTERISTIQUES</u>	245
3.5 - <u>EXEMPLES D'EVOLUTION DES POTENTIELS DANS DES CAS PARTICULIERS</u>	246
3.5.1 - <u>Exemple d'une zone aquifère limitée par des écrans à comportement imperméable</u>	246
- <u>Description de l'aquifère</u>	246
- <u>Le problème posé</u>	247
- <u>Analyse du phénomène</u>	247
3.5.2 - <u>Zones d'Oz-gol, de Davoudieh</u>	249
3.5.3 - <u>Le problème de la ville de Téhéran</u>	250
3.5.4 - <u>Etude théorique d'un cône de déjection</u>	250
3.5.5 - <u>La source de Tchechmeh-Ali</u>	251
<u>CONCLUSION</u>	
4.- <u>PHYSICO-CHIMIE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA REGION DE TEHERAN</u>	253
4.1 - <u>INTRODUCTION</u>	253
4.2 - <u>INTERPRETATION HYDROGEOLOGIQUE DES CARTES PHYSICO-CHIMIQUES</u>	254
4.2.1 - <u>Caractères généraux</u>	254

	<u>Pages</u>
- <u>Carte des faciès chimiques</u>	256
- <u>Carte des résidus secs</u>	257
- <u>Carte des résistivités des eaux souterraines</u>	258
- <u>Carte de dureté totale</u>	258
- <u>Carte des sulfates</u>	259
- <u>Carte des isolignes du chlore</u>	259
- <u>Carte des rapports $r_{Mg/Ca}$</u>	259
- <u>Carte des rapports $r_{SO_4/Cl}$</u>	260
- <u>Carte des isothermes des eaux souterraines</u>	260
- <u>Carte des valeurs du pH</u>	261
4.3 - <u>PROPRIETES CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES</u>	262
4.3.1 - <u>Eaux bicarbonatées calciques</u>	262
- <u>Caractères généraux</u>	263
- <u>Caractères spécifiques</u>	263
4.3.2 - <u>Eaux bicarbonatées sodiques</u>	265
- <u>Généralités</u>	265
- <u>Caractères spécifiques</u>	266
4.3.3 - <u>Eaux bicarbonatées magnésiennes</u>	268
4.3.4 - <u>Eaux sulfatées calciques</u>	269
4.3.5 - <u>Eaux sulfatées magnésiennes</u>	270
4.3.6 - <u>Eaux sulfatées sodiques</u>	270
4.3.7 - <u>Eaux chlorurées calciques</u>	271
4.3.8 - <u>Eaux chlorurées magnésiennes</u>	272
4.3.9 - <u>Eaux chlorurées sodiques</u>	279
4.4 - <u>EVOLUTION DU CHIMISME DES EAUX SOUTERRAINES</u>	275
4.4.1 - <u>Evolution à l'échelle de la région</u>	275

	<u>Pages</u>
4.4.2 - <u>Géologie, géomorphologie et chimisme</u>	276
4.4.3 - <u>Evolution du chimisme au sein d'un même faciès</u>	277
4.5 - <u>CLASSIFICATION DES EAUX SOUTERRAINES</u>	277
4.5.1 - <u>Concentration en chlorures</u>	277
4.5.2 - <u>Concentration en sulfates</u>	278
4.5.3 - <u>Concentration en bicarbonates et carbonates</u>	278
4.5.4 - <u>L'indice de déséquilibre chloro-alcalin</u>	279
4.6 - <u>QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES</u>	279
4.7 - <u>LA POLLUTION A PARTIR DES SURFACES BATIES</u>	285
4.8 - <u>CONCLUSION SUR LES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES DE LA REGION DE TEHERAN</u>	286
5.- <u>LES MOYENS D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES</u>	287
5.1 - <u>LES MOYENS DE PUISAGE RECENT</u>	287
5.1.1 - <u>Les puits profonds</u>	287
5.1.2 - <u>Les puits creusés à la main</u>	288
5.2 - <u>LES GALERIES SOUTERRAINES OU GHANATS</u>	289
5.2.1 - <u>Historique</u>	289
5.2.2 - <u>Définition et description</u>	290
5.2.3 - <u>Les ghanats dans le piémont de Téhéran</u>	291
5.2.4 - <u>Répartition des ghanats dans la plaine</u>	292
5.2.5 - <u>Conséquences de l'étagement des ghanats</u>	292
5.2.6 - <u>Considérations hydrodynamiques générales</u>	293
5.3 - <u>CONCLUSIONS SUR LES MOYENS D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES</u>	296

CONCLUSION SUR L'HYDROGEOLOGIE

<u>RESUME DE L'ETUDE GEOLOGIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGEO-</u> <u>LOGIQUE DE LA REGION DE TEHERAN</u>	299
1.- <u>GEOLOGIE DES BORDURES</u>	300
1.1 - <u>ELBOURZ</u>	300
1.2 - <u>ANTI-ELBOURZ</u>	300
2.- <u>GEOLOGIE DES ALLUVIONS - GEOMORPHOLOGIE</u>	301
2.1 - <u>PRECISIONS STRATIGRAPHIQUES</u>	302
2.2 - <u>PRECISIONS SEDIMENTOLOGIQUES</u>	303
2.3 - <u>PALEOCLIMATS</u>	304
2.4 - <u>FORMES PARTICULIERES</u> (SOLS SALES - CROUTES)	305
3.- <u>TECTONIQUE DE LA REGION DE TEHERAN</u>	306
3.1 - <u>ELBOURZ</u>	307
3.2 - <u>LE PIEMONT</u>	307
4.- <u>HYDROGEOLOGIE</u>	308
4.1 - <u>CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE</u>	309
4.2 - <u>LES AQUIFERES</u>	310
4.3 - <u>HYDRODYNAMIQUE</u>	311
4.4 - <u>CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX</u>	312
4.5 - <u>LES GHANATS</u>	312

	<u>Pages</u>
- <u>GLOSSAIRE DES NOMS GEOGRAPHIQUES</u>	313
- <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	315
- <u>TABLE DES TABLEAUX</u>	333
- <u>TABLE DES FIGURES</u>	335
- <u>ANNEXES</u>	341
- <u>ANNEXE I</u> - PIEZOMETRIE	343
- SOURCES DE LA REGION DE TEHERAN	349
- <u>ANNEXE II</u> - ANALYSES DES EAUX	350
- <u>ANNEXE III</u> - COORDONNEES ET LIEUX DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS D'EAU AYANT SERVI AUX ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	363

HISTORIQUE DES TRAVAUX EXISTANT SUR LA REGION DE TEHERAN

En 1930, CLAPP écrivit des notes sur la "Géologie de Téhéran" (9-10). Ses descriptions sommaires des environs de Téhéran tiennent surtout de l'exploration.

Les premiers travaux stratigraphiques et tectoniques sérieux datent de 1931, quand A. RIVIERE entreprit la reconnaissance des Monts de Scha-Abdulazim (Bibicharbanou) et du Sépâyeh. De 1931 à 1936, cet auteur décrit quelques aspects de cette région (34 à 44).

En 1942, H. RIEBEN donna de nouvelles précisions sur la stratigraphie du Bibicharbanou, dans une note concise écrite au Cameroun (28).

Madame NAZEMI étudia la géologie du Bibicharbanou et des monts de Mesgarabad (1961) (25-26), ses précisions sur la faune du Crétacé sont précieuses.

A H. RIEBEN revient le mérite d'avoir établi une stratigraphie des alluvions de Téhéran et d'avoir montré que le piémont est tectonisé. Ses observations sont mentionnées dans une série de notes qui s'échelonnent de 1953 à 1966 (28 à 33).

Une étude très locale des alluvions est donnée par H. HUBER (Alluvions de Fahrazad, 1960) (20).

En 1961, J. DRESCH reprit les études de RIEBEN et de H. BOBEK et esquissa une étude géomorphologique du Piémont de Téhéran. Ses interprétations morphoclimatiques sont intéressantes à noter. (66).

Le rapport de Sir A. GIBBS sur les ressources en eaux de Téhéran (1958) (102) renferme de nombreuses observations.

Citons les travaux de J. DELLENBACH (1964 - 11) dont la précision paléontologique sert de bonne référence. Les observations de C. LORENTZ (1964 - 22) sur les "roches vertes" de la haute vallée du Karadj, renforcèrent nos idées sur ces formations.

INTRODUCTION GEOGRAPHIQUE

1.- GEOGRAPHIE PHYSIQUE.

1.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE. LES LIMITES DE LA REGION ETUDIEE.

1.1.1 - Situation.

La région étudiée est axée sur la ville de Téhéran, capitale de l'Iran. (Fig. 1 et 2).

Elle s'étend sur le pied Sud de la chaîne de l'Elbourz, en bordure des Hauts Plateaux Iranien.

Large de 39 km et longue de 67 km, elle est située entre les latitudes 35°17' et 35°53' N, et entre les longitudes 51°15' et 51°40' de l'hémisphère Nord.

1.1.2 - Limites.

Cette région est bordée au Nord par la chaîne de l'Elbourz, à l'Est par le massif du Sépayéh (Anti-Elbourz de Rivière), au S-E elle communique par une étroiture avec la plaine de Varamine; au Sud, une série de reliefs tertiaires ferme la plaine.

L'Ouest a une limite conventionnelle rectiligne N-S qui partage en deux parties à peu près égales, l'unité hydrologique de Téhéran-Karadj.

Dans l'ensemble, la région représente une parcelle de l'immense piémont qui borde sur des centaines de kilomètres le versant sud de l'Elbourz. Ce piémont est exceptionnellement développé dans la région de Téhéran.

1.1.3 - Grandes unités géographiques.

Géographiquement, nous distinguerons trois zones :

- La bordure montagneuse
 - o L'Elbourz
 - o L'Anti-Elbourz
 - o Les reliefs volcaniques du Sud.
- Le Piémont de Téhéran proprement dit, caillouteux, à pentes encore fortes.
- La Plaine de Téhéran, au Sud de la ville, étendues planes limoneuses.

La région ainsi délimitée couvre une superficie de 2.600 km²
Le bassin versant de Téhéran a 1.600 km².

1.2 - LE RELIEF.

1.2.1 - Cartographie.

En tant que capitale de l'Iran, la région possède un certain nombre de cartes topographiques. Mais dans l'ensemble, la surface recouverte est insuffisante, les cartes, souvent incomplètes, sont entachées d'erreurs et les données altimétriques très rares.

Le N et l'E de la région qui intéressent le "Grand Téhéran" possèdent une couverture acceptable. Par contre la moitié Sud, située au S de la ville, n'est pratiquement pas cartographiée.

Le "Grand Téhéran" possède une couverture de cartes topographiques à diverses échelles, faisant partie du "Lar Valley Project" :

- cartes topographiques au 1/10.000
- cartes topographiques au 1/20.000
- cartes topographiques au 1/50.000 de Téhéran (1958) en courbes de niveau (une courbe tous les 100 m. Hypsométrie insuffisante).

Toutes ces cartes ont été dressées par Sir Alexander GIBBS & PARTNER.

- carte au 1/100.000 du Service des Indes, ancienne, inexacte.
- carte au 1/250.000 de l'USAF, courbes de niveaux tous les 2000 pieds. Levée d'après photographies aériennes.
- carte au 1/250.000 du Service des Indes. Inutilisable pour cette étude.

- Plan approximatif au 1/30.000 de la ville, à tendance touristique. (Centre Cartographique National) (1963).

Pour notre étude, nous avons établi une carte qui est le produit d'un assemblage de la carte au 1/50.000 dressée par Sir Alexander GIBBS, et d'un fond topographique à la même échelle dessiné en 1964 spécialement pour cette étude, par le Service Géologique d'Iran à partir des photographies aériennes (1). Cette carte a l'avantage d'être redressée; l'échelle est donc vraiment au 1/50.000.

La toponymie a été l'objet d'une enquête personnelle.

1.2.2 - Couverture en photographies aériennes.

- mosaïque au 1/50.000 approximatif (1/55.000 au 1/65.000), 1955, Service Cartographique de l'Armée. Diffusion limitée.
- mosaïques au 1/20.000 du "Grand Téhéran" et au 1/10.000 de la ville. Non redressées. (Centre Cartographique National).
- Très récemment (1965-66) le plan cadastral au 1/2.000 de la ville avec des courbes de niveau tous les mètres, a été mis en vente au N.C.C.

1.2.3 - Les altitudes.

Les altitudes de la région s'échelonnent entre 900 m au SE de la carte, et près de 4000 m au sommet du Mont Tauchal.

- La barrière montagneuse de l'Elbourz domine Téhéran au Nord; les altitudes varient de 1600 m (Tajrich) à 3960 m (Mt Tauchal)
- L'Anti-Elbourz : de 1200 m à plus de 2000 m (Kouh-é-Sépayeh).
- Les collines du Sud : la base de leur piémont se situe vers 980 m et les sommets vers 1200 m.

Le piémont de Téhéran s'individualise en une zone de collines qui s'élèvent de 1250 m au N de la ville jusqu'à 1900 m au sommet des

(1) - Nous renouvelons ici nos plus vifs remerciements pour le Directeur et le personnel très compétent du Service Géologique d'Iran.

Hézarbareh. Le piémont est plus bas vers l'Ouest (Kan) et se relève progressivement vers l'Est.

La plaine limoneuse, relativement plane, est située en-dessous de 1200 m. La cote minimum se situe dans les zones d'épandage du S-E (vers 900 m).

1.2.4 - Analyse du relief par tranches d'altitudes.

Le tableau 1 indique les valeurs des surfaces calculées par tranches d'altitudes, la fréquence de ces surfaces en pourcentage et la répartition de ces surfaces dans la région.

Tableau 1
=====

Altitudes	Surface	%	Fréquence	Répartition
> 3000 m	41 km ²	2,5	37 %	Montagnes
2500 - 3000	59	3,6		
2000 - 2500	115	7		
1500 - 2000	265	16,3		
1250 - 1500	307	18,7	30 %	Piémont
1075 - 1250	352	21,5		
< 1075	500	30,5	31 %	Plaine

On peut voir que les 50 % de la surface sont situés à moins de 1250 m d'altitude. Ce pourcentage représente la plaine limoneuse. Le piémont recouvre près de 30 % de la surface totale.

1.3 - L'HYDROGRAPHIE.

Dans la région étudiée il n'y a pas de cours d'eau suffisamment important pour servir de référence géographique. L'écoulement se fait par un système d'oueds (Roud en Farsi) mal alimentés et présentant un étiage sévère plusieurs mois de l'année.

2.- GEOGRAPHIE HUMAINE.

L'intérêt de cette étude est d'être en partie, axée sur la ville de Téhéran, capitale de l'Iran.

C'est une ville tentaculaire, en pleine extension.

Téhéran avait	15.000	habitants en	1796	
	50.000	"	"	1808
	250.000	"	"	1900
	1.000.000	"	"	1953
	2.000.000	"	"	1964
	2.600.000	"	"	1966
on prévoit	4.000.000	"	pour	1980. Mais ces chiffres sont sous-estimés.

La surface bâtie croît aussi rapidement. Les avenues envahissent les collines, vite bordées par des maisons rarement hautes.

Nous verrons l'influence qu'exerce une ville de cette ampleur sur le microclimat, l'évolution morphologique, l'hydrologie et l'hydrogéologie de la région.

Le pays est peuplé depuis des millénaires; le site de Chahr Rey repose sur des habitats préhistoriques.

Les habitants sont sédentaires depuis longtemps et sont essentiellement agriculteurs.

C'est à l'homme que l'on doit l'aspect relativement verdoyant de la région.

* *

*

PREMIERE PARTIE

G E O L O G I E

I. — GEOLOGIE DES BORDURES.

II. — GEOLOGIE DES FORMATIONS ALLUVIALES.

INTRODUCTION GENERALE A LA GEOLOGIE (HISTORIQUE)

=====

Aussi curieux que celà puisse paraître, il n'existe que peu de travaux géologiques sur la région de Téhéran. La région n'offrant pas une unité géologique bien définie, elle n'a jamais attiré de chercheurs étrangers, ni les vues des services locaux intéressés par une géologie minière plus urgente pour l'économie du pays.

Le versant sud de l'Elbourz qui domine Téhéran n'a jamais été étudié à notre connaissance; seules quelques brèves allusions apparaissent dans des travaux divers, trop vagues pour être utilisables.

L'Anti-Elbourz a attiré les regards des géologues, mais l'interdiction sévère de pénétrer dans les "Chasses Royales" n'a jamais permis que des incursions de trop courtes durées; seules quelques descriptions des bordures existent depuis RIVIERE.

Dans une bonne étude descriptive, RIEBEN (28 à 33) a mis en évidence la structure complexe du piémont de Téhéran. Sa stratigraphie des alluvions relève d'une bonne observation minutieuse; elle nous a servi de base pour notre cartographie. Mais il n'existe aucune carte géologique de la région étudiée.

Signalons seulement l'esquisse géologique qui accompagne le rapport de Sir A. GIBBS (102) et la carte du Bibicharbanou incluse dans la thèse de Madame NAZEMI (25). Aussi avons-nous repris toute l'étude géologique qui se matérialise par une carte détaillée au 1/50.000 (Voir carte hors-texte).

* * *

*

I.- GEOLOGIE DES BORDURES.

1.- STRATIGRAPHIE.

Introduction.

Toute la série stratigraphique - à part de rares lacunes - est représentée depuis le pré-Cambrien. Si la série est complète, elle n'en est pas moins perturbée par une tectonique particulièrement cassante et par de nombreuses venues éruptives et volcaniques.

Les séries primaires et secondaires se localisent dans le massif de l'Anti-Elbourz et les monts du Latyan.

Le Tertiaire est plus largement représenté dans toutes les zones.

La thèse de DELLENBACH (11) étayée par une solide étude paléontologique, nous a servi de référence pour les déterminations stratigraphiques.

1.1 - LE PALEOZOIQUE INFÉRIEUR. (PRE-CAMBRIEN et CAMBRIEN)

Cet âge n'est reconnu que depuis peu. Des formations semblables ont été étudiées en détail dans diverses contrées de l'Iran. Nous corrigerons l'ancienne confusion avec les terrains dévonien.

1.1.1 - Localisation.

Ces terrains sont localisés aux collines de Ghania-bad, d'Aminabad et de l'Usine Iranit, ainsi qu'au pied sud du Bibicharbanou. Ils forment le coeur de la structure anticlinale des monts du Latyan.

1.1.2 - Faciès

Coupe S-N passant par l'extrémité Est de la colline d'Aminabad. (S-E de Téhéran)

- A la base, calcaire dolomitique gris foncé, grossièrement cristallisé, à éclat gras, fortement diaclasé et altéré; nombreuses inclusions de fer; petites failles à remplissage de brèche gypseuse.
- Calcaire dolomitique rose-crème sublithographique à points rouges et noirs, bancs siliceux.
- Calcaire dolomitique gris noir, fortement siliceux; dolomie rubannée; épaisseur : 4 m ; banc en relief; très siliceux au sommet, pendages de 60 à 70° N à N-E.
- L'ensemble des dolomies a 15 à 20 m d'épaisseur.

Ensuite viennent : des grès fins ferrugineux, faiblement micacés; des psamites qui présentent une schistosité prononcée, épaisseur : 30 m lits plus gréseux en saillies (lits de 15 à 20 cm) : ce sont des grès fins quartziteux.

- 20 cm de brèche à ciment blanc soulignant une surface de glissement avec la série située au-dessus.
- dolomie noire très dure, en bancs épais compacts, peu silicifiée, diaclasée, pendage 50 à 60° NE. Passe à un calcaire dolomitique plus clair et légèrement plus silicifié.

L'ensemble de ces dolomies est faillé transversalement avec des décalages de 0,50 m à 2 m.

Au niveau de la mine de galène, les psamites passent à un quartzite blanc-rose très dur mais ruiné par la tectonique. Du plomb et du cuivre se trouvent en filonnets diffus dans le quartzite.

- Cette colline est séparée de la masse du Bibicharbanou par une dépression recouverte d'éboulis.

Le soubassement du Bibicharbanou est formé par des séries détritiques de couleur rouge violacé en général. Ce sont des grès arkosiques (présence de feldspaths) à stratification entrecroisée, des grès rouges, micacés.

Vers le sommet ce sont des quartzites rose pourpre avec très peu de mica et au sommet un banc compact de quartzite blanc, très pur et très dur, caractéristique.

Au-dessus, on trouve les calcaires du Carbonifère.

DELLENBACH montre l'origine marine littorale de ces sédiments gréseux. Ils proviennent du lessivage d'un continent proche (présence de glauconie et d'écailles de poissons).

1.1.3 - Age

Les dépôts détritiques rouges à faciès "Vieux grès rouges" étaient classés systématiquement dans le Dévonien. Par suite les formations antérieures, notamment la colline d'Aminabad, avaient pour âge le "Pré-Dévonien". Ces appellations se retrouvent dans les travaux de RIEBEN (28) et de NAZEMI (25).

Mais depuis, les études faites par le Service Géologique d'Iran (STOCKLIN, NABAVI, SAMINI - 47) en 1962 dans les montagnes au Sud de Zandjan (N-W de l'Iran), par A. RUTTNER (Mila Kouh, 1956-1963) NABAVI (Semnan), ASSERETO (1963, Elbourz central) (2-3-4), LORENTZ (vallée de Karadj) (22).. l'âge de ces formations a pu être précisé.

En effet, la découverte de trilobites (Hyolithès) et de brachiopodes (Obulus) dans les séquences dolomitiques et calcaires au-dessus des "Vieux grès rouges" et au-dessous des calcaires noirs du Carbonifère, a permis d'affirmer un âge Cambrien et Pré-Cambrien.

Par analogie avec les faciès rencontrés dans l'Elbourz Central (vallée de Karadj, Ab-Ali, Lalun, Chemchak ...) nous mettons les terrains précédemment décrits dans le Cambrien.

La présence du banc de quartzite blanc permet de préciser l'appartenance de ces grès à la "Lalun sandstone Formation" terminée par le "top-quartzite".

En ce qui concerne les formations antérieures nous nous bornerons à leur donner un âge Cambrien inférieur ou Pré-Cambrien; mais il est possible que les grès rouges micacés que l'on trouve à la base du soubassement du Bibi appartiennent déjà à la "Zaigun formation". La dépression qui sépare la colline d'Aminabad du Bibi est due peut-être à l'érosion de ce même matériel qui est très friable.

Les collines du premier alignement (dolomies, calcaires, et shales micacés) appartiennent elles à la Soltanieh formation ?

1.1.4 - Le problème des "couches de passage" : Cambrien ou Dévonien ?

En 1942, RIEBEN (28) signale l'existence de "couches de passage" entre les grès rouges et les calcaires du Carbonifère ; cet auteur les place toujours dans le Dévonien. NAZEMI les déplace dans le Dévonien supérieur (1961); nous croyons reconnaître dans l'alternance de calcaires siliceux, calcaires argileux verdâtres, marnes vertes, grès .. les éléments de la "Mila formation" du Cambrien. On trouve ces couches à l'Est du Bibi dans le promontoire au N de l'usine Iranit, au-dessus d'une carrière montrant des quartzites blancs exploités, passant vers le bas à des grès lie-de-vin.

RIVIERE (41) faisait aller les grès et les quartzites rouges et blancs depuis la base du paléozoïque jusqu'au Dévonien supérieur et "peut-être à la base du Dinantien".

Le Dévonien supérieur a été défini avec certitude depuis les travaux récents de R. ASSERETO et N. FANTINI-SESTINI (2-4) à Chemchak. RIVIERE localise le Dévonien supérieur dans une étroite zone qui s'étend d'Ouest en Est depuis la haute vallée de Karadj, Chemchak Lalun, jusqu'à Mobarekabad.

1.2 - LE CARBONIFERE.

1.2.1 - Le problème des lacunes.

Sauf si les terrains mis par nous dans la Mila formation, sont vraiment du Dévonien supérieur, il existe une lacune entre le Cambrien supérieur et le Carbonifère. A la suite des actions tectoniques on ne peut dire avec certitude s'il y a lacune stratigraphique.

Le Silurien et le Dévonien inférieur n'ont pas dû se déposer car ils sont rarement représentés dans l'Elbourz central.

1.2.2 - Faciès.

Le faciès caractéristique du Carbonifère est un calcaire très noir, compact, fin, à veinules de calcite et patine rouge, en bancs peu épais (30 cm en moyenne), plissotés.

Au sommet on trouve un calcaire à entroques très noir et dur.

1.2.3 - Age.

Le Tournaisien pourrait exister sous forme d'un calcaire à crinoides à l'Ouest du Bibi (25).

RIVIERE a déterminé du Viséen avec des fossiles caractéristiques abondants, que nous avons retrouvés, en partie :

Productus cora
P. semireticularis
P. costatus
Zaphrentis

STAHL, RIVIERE, RIEBEN affirment la présence de Carbonifère supérieur avec l'Ouralien et le Moscovien, avec :

Dialesma sp.
Meekella delepinei Rivière
Fenestella

1.2.4 - Epaisseur.

Si le Carbonifère est présent d'une façon constante le long du pied Sud du Bibi, il se présente avec une épaisseur très réduite (50 m au maximum) et fortement tectonisé.

Les calcaires carbonifères sont activement exploités pour la fabrication du ciment (Usine Iranit) et pour la construction.

1.3 - LE PERMIEN.

1.3.1 - Localisation.

On a coutume d'appeler ainsi une bande étroite plus ou moins présente entre les calcaires carbonifères et triasiques du Bibicharbanou. Elle n'est pas cartographiable à l'échelle du 1/50.000 car son épaisseur, très variable, dépasse rarement 10 m.

1.3.2 - Faciès

Coupe du Sanctuaire du Bibicharbanou :

- complexe argileux, kaolinique, continental, gris, jaune, rose, lie de vin, rouille, etc.. avec des bancs de grès verdâtres à stratification entrecroisée.
- argiles kaoliniques réfractaires bariolées, schisteuses avec des intercalations silicifiées.
- argiles versicolores avec des oolithes ferrugineuses et gros nodules (40 cm de diamètre) surtout vers la base.
- localement, notamment vers l'Ouest, intercalations de bancs dolomitiques. D'une façon générale, la couleur d'ensemble est rouge.

1.3.3 - Epaisseur.

L'épaisseur qui est de 5 m en moyenne, peut se réduire sous l'action de la tectonique, mais il existe des poches plus épaisses.

Ces argiles réfractaires sont activement recherchées et exploitées par des puits et des galeries. La meilleure est une argilolithe de couleur gris clair ou olivâtre, compacte, fine, au toucher onctueux, à traces noirâtres. Cette couche réfractaire a une épaisseur moyenne de 50 cm.

1.3.4 - Age.

Madame NAZEMI en fait du Trias inférieur (Bundsandstein). DELLENBACH : du Permien supérieur continental, le Permien inférieur étant marin. Nous pourrions dire prudemment comme RIEBEN que ces dépôts indiquent soit le Permien, soit le Trias.

RIVIERE en fait l'indice d'un contact anormal, ce qui ne paraît pas impossible à priori. En effet, toutes les failles visibles sur le massif du Bibicharbanou sont injectées uniformément par une substance rougeâtre à base d'argiles bariolées, de brèches, de dépôts ferrugineux, de gypse aciculaire, fort ressemblante aux formations décrites ci-dessus. Mais le remplissage de poches à morphologie karstique, creusées à la surface des bancs du calcaire carbonifère, indiquent la validité d'une formation stratigraphique.

Le "Permien" du Bibicharbanou a pu favoriser les actions tectoniques en jouant le rôle de "couche-savon".

Par lessivage de ces couches, les calcaires carbonifères sous-jacents qui présentent des phénomènes karstiques superficiels et profonds (chenaux d'écoulement remplis de boue rougeâtre) ont pris une teinte superficielle rougeâtre bien visible dans les fronts de taille des carrières.

Signalons la multitude de petites failles transversales qui confirment les efforts tectoniques supportés par cette couche incompétente.

Le pendage général est de 30° N.

1.4 - LE TRIAS.

1.4.1 - Historique.

Comme nous l'avons dit, les formations argilo-ferrugineuses peuvent être la base du Trias. NABAVI nous a confirmé la présence de sidérolithique à la base des dolomies du Trias, en divers points de l'Iran. Madame NAZEMI parle de Bundsandstein.

Le Trias a été reconnu et décrit au Bibicharbanou depuis longtemps (NIEDERMAYER, 1918 - RIVIERE, 1934 - RIEBEN, 1942 - NAZEMI, 1962 - DELLENBACH, 1962). Ce dernier auteur donne une coupe lithologique détaillée du Trias du Bibicharbanou, et note que la base est limitée par un contact anormal, jalonné par des niveaux d'argile kaolinique du Permien supérieur.

1.4.2 - Faciès et âge.

L'ensemble du Trias est caractérisé par des dolomies et des calcaires dolomitiques d'aspect monotone.

D'une façon générale on peut distinguer au Bibicharbanou deux grands ensembles :

- à la base, un Trias dit "fossilifère" que nous avons cartographié t1
- au-dessus, une masse dolomitique monotone azoïque ou à fantômes d'organismes (t2).

1.4.2.1 - Le Trias "fossilifère"

Il se divise en trois faciès principaux.

- a)- Calcaire dolomitique à oolithes visibles à l'oeil nu, de couleur crème; la dolomitisation implique le ciment et le noyau des oolithes. A leur base on peut trouver des calcaires plus foncés.
- b)- Au-dessus, ce sont des calcaires gris-bleu en plaquettes (épaisseur moyenne : 3 cm) alternant avec de minces feuilletts de calcaire lamelleux jaune. Ils rappellent le calcaire en plaquettes du Wellenkalk.
- c)- Ensuite un calcaire "vermiculé" à débit stylolithique, gris-noir présente des figures tubulaires contournées caractéristiques.

Il existe des intercalations de dolomies grises, fines.

Par analogie avec les faciès germaniques, ce calcaire vermiculé peut se rapporter au Werfénien.

Les deux premiers faciès sont visibles dans la vallée de direction générale N-S située au N de la colline d'Aminabad.

Le calcaire vermiculé est très répandu, notamment dans la grande vallée à l'Ouest du Bibicharbanou.

NIDERMAYER, RIVIERE, RIEBEN, NAZEMI signalent une faune caractéristique du Werfénien supérieur et du Virglorien :

Clarai Clarai Herm
Monotis alberti Goldf.
Plagiostoma cf. Lineata Schlo.
Hoernesia socialis Schl.
Hinnites cf. Comptus Gieb
Pseudomonotis

DELLENBACH ajoute la micro-faune suivante :

Glomospira sp.
Textularia sp.
Nodosaria sp.
Lingulina sp.

Tetrataxis sp.

Plectogyra sp.

Diplopora, Dasycladaceae, Codiaceae.

DELLENBACH définit le calcaire vermiculé comme un calcaire à algues (Permo-Calculus Elliot).

1.4.2.2 - La masse dolomitique.

Surmontant cette série calcaro-dolomitique à faciès bien marqués, une puissante masse dolomitique monotone forme la quasi totalité du massif du Bibicharbanou.

Au point de vue morphologique, le Trias fossilifère tranche par une stratification bien marquée et une couleur d'ensemble crème clair. Par contre, les dolomies supérieures forment une masse grisâtre d'aspect triste.

Le faciès le plus courant est une dolomie grise à grain fin, sans traces de macro-fossiles, avec seulement des fantômes de foraminifères, présentant une silicification plus ou moins marquée. Les pendages ont une composante générale vers le N-NE.

Cette masse dolomitique est fracturée longitudinalement (E-W). Les cassures, sinueuses se ramifient et présentent un remplissage par du fer exploité au N-E du Bibicharbanou, de la galène (extrémité W), le tout mêlé d'azurite et de malachite.

1.4.3 - Epaisseurs.

A titre indicatif nous donnons des épaisseurs approximatives :

- calcaire gris-foncé de la base : moins de 20 m
- calcaire oolithique : de 20 à 90 m
- calcaire en plaquettes : 50 à 120 m (?)
- calcaire vermiculé : 250 m au maximum

Le total donne pour le Trias "fossilifère" une épaisseur variant entre 360 et 480 m. Mais il n'y a pas d'affleurement de cette importance. Le faciès que l'on rencontre le plus souvent est celui du calcaire vermiculé.

La masse dolomitique a une épaisseur de 500 à 700 m.

1.4.4 - Localisation

Dans la région étudiée, le Trias "fossilifère" ne se rencontre qu'au pied Sud du Bibicharbanou. Ce sont des dolomies triasiques qui forment les reliefs du N-W du massif du Sépayeh au Nord et à l'Est de Ghars-é-Firouzeh.

Ces dolomies reposent sur le grano-diorite au Sud, sont recouvertes à l'Est par le Lias et au Nord par une étroite bande de Lias et de Jurassique. Ces dolomies sont fracturées, plus ou moins touchées par le métamorphisme et contiennent de petits gisements de fer. On retrouve les dolomies triasiques un peu plus loin vers l'Est, au Sud du hameau de Dohak, couvrant une surface réduite, au coeur d'une structure anticlinale complexe.

C'est au cours d'une sortie commune que M. NABAVI a remarqué ce pointement de Trias isolé.

Le Trias forme les terrains les plus anciens à l'affleurement dans la région montagneuse comprise entre la route de Shork-Hézar au Nord et la route du Khorassan Sud et le Djadjeroud à l'Est.

1.5 - LE LIAS.

1.5.1 - Faciès

Cartographié sous la lettre L, le Lias est une formation bien représentée dans la région étudiée. Ses faciès sont caractéristiques et de par leur nature friable, facilement repérables dans la topographie. De même leur couleur facilite leur localisation.

Le Lias est appelé en Iran "Formation de Schemchak", localité de l'Elbourz au Nord de Téhéran où le Lias est bien représenté et renferme du charbon. Le Lias se présente généralement sur de fortes épaisseurs monotones, d'argiles, de marnes plus ou moins schisteuses et gréseuses de couleur grise, gris bleu, olivâtre, formant dans la topographie des dépressions ou des croupes surbaissées à paysages de "bad-lands".

Un deuxième faciès typique du Lias consiste en une série gréseuse, de grès quartzitiques de couleur vert olive à brun caractéristique (sommet du Lias).

Une coupe du Jurassique inférieur à 200 m à l'Ouest de la tour du Silence au Nord du Bibicharbanou montre :

- Le Trias qui se termine brutalement sur une faille très redressée (70° N) contraire aux pendages.
- Puis vers le Nord, 5 à 6 m de roches dures, à fond jaune et à inclusions rouge brique très altérées.
- C'est une roche filonienne siliceuse massive vert foncé à gros cristaux rouges (voir Pétrographie).
- Des grès fins, clairs, jaunes à rougeâtres, friables, de 3 m d'épaisseur à pendage de 50° N. Ce sont des grès silicifiés à grains de quartz de faible diamètre, anguleux, à sub-anguleux formant la quasi-totalité de la roche. Quartzification secondaire prononcée qui a réduit considérablement un ciment très finement gréseux. Présence de fer, de lamelles de mica, de cristaux de sidérose, de tourmaline, zircon, apatite, donc un cortège granitique certain. Il existe aussi du quartz de néogène. La sidérose donne à ces grès leur couleur rougeâtre. Donc ils proviennent de la destruction d'un massif granitique.
- Bancs gréseux et calcaireux, plus durs dans lesquels nous avons trouvé une dalle à empreinte nette de *Cancellophycus* (Bajocien) et des tiges d'*Encrinus* sp.
- On retrouve le banc de grès friable.

Cette série gréseuse à pendages forts au Sud, qui passent vers le Nord par l'horizontale puis se redressent avec un pendage de 30° S est en position synclinale. Ce synclinal, petit, est légèrement pincé.

Autrement dit, alors que RIEBEN et NAZEMI placent les grès sous les marnes qui suivent, nous les placerons au-dessus de la série marneuse (voir coupe 14).

Si les marnes du Bibi sont aaléniennes, la présence de grès à *Cancellophycus*, pennatulidé, du Bajocien confirme ces faits.

- Si on continue la coupe, on passe à des marnes, des argiles schisteuses, vert pâle, noires, gris-bleu, bleues,

olivâtres à nodules calcaires ovoïdes noirâtres et inclusions ferreuses. Le Lias de la région ne renferme pas de charbon.

1.5.2 - Age.

D'une façon générale, la formation de Schemchak débute au Rhétien et va jusqu'à l'Aalénien inclus. Il est fossilifère en maints endroits de l'Elbourz Central.

DELLENBACH cite une faune marine à Pleuromya, Pholadomya, Astarté, Trigonies, Nucules, Posidomies, Inocérames, et Ammonites caractéristiques. Plus précisément dans l'Elbourz Méridional, à l'Est de notre zone, cet auteur a recueilli :

- Inoperna plicata Sow.
- Pholadomya fidicula Sow.
- Terebratula sp.
- Rynchonella sp.
- Crassiceras latum Nerla.
- Dumortiera cf. sparsicosta Haug.

Dans notre région, les faciès liasiques sont quasiment azoïques.

RIEBEN a trouvé Posidonomya Alpina de l'Aalénien dans la série schisteuse. Sur les 300 m d'affleurement de cette série nous n'avons trouvé que Inocéramus.

1.5.3 - Epaisseur.

L'épaisseur du Lias est difficile à déterminer. Cette série incompetent, tectonisée, offre des puissances allant de quelques mètres à 2000 mètres dans l'Elbourz Central.

1.5.4 - Localisation.

Le Lias marneux se rencontre fréquemment dans les têtes de thalwegs au pied Nord du Mont Bibicharbanou.

Le Lias gréseux se retrouve dans la plus méridionale des collines situées au N-E du Bibicharbanou, au Sud de la route de Khorassan. Ce sont surtout des grès quartzitiques verts à patine brune.

A Ghasré-Firouzeh, le massif grano-dioritique est ceinturé au Nord et à l'Est par du Lias gréso-marneux métamorphisé au con-

tact. On trouve des roches vertes, foncées, rappelant les calcschistes, consolidées, et des schistes noirs métamorphisés.

Le Lias s'étend, métamorphisé, le long de la piste qui mène de Ghasr-é-Firouzeh à Gara-Tchechmeh, mêlé étroitement avec des roches éruptives très variées. De Gara-Tchechmeh à Touchal, la piste est tracée dans le lit de l'oued qui s'est encaissé dans les marnes du Lias.

Le Lias forme de grands affleurements dans le Sépayeh notamment depuis le Sud du hameau de Dohak jusqu'au delà des crêtes méridionales qui dominent la route du Khorassan.

Au Nord du massif des Chasses Royales, le Lias se retrouve, au Sud de la route du Mazanderan entre Doshan Tapeh et Shorkh-Hézar.

A l'Ouest le Lias est réduit à une mince bande de couleur foncée, coincée entre les calcaires jurassiques et triasiques. Au contact avec le Trias on trouve une assise de tufs volcaniques rougeâtres mêlés avec des dépôts à faciès sidérolithiques.

1.6 - LE JURASSIQUE.

Morphologiquement le Jurassique supérieur (Dogger-Malm) peut être facilement individualisé, car il forme dans la topographie des escarpements contrastant avec les combes liasiques.

1.6.1 - Faciès

Dans la région de l'Anti-Elbourz, le Jurassique ^{se} présente avec des faciès de calcaires gréseux à affinités littorales qui se différencient des calcaires franchement marins de l'Elbourz Central. Le Jurassique de l'Anti-Elbourz présente des faciès quasi uniformes de calcaires graveleux plus ou moins gréseux, massifs, siliceux, avec fréquemment des bancs siliceux (cherts), à rares bélemnites, brachiopodes, lamellibranches, très rares ammonites, mais à nombreux fragments d'organismes marins à tendance récifale (lagéniidés, milliolidés, très beaux bryozoaires, algues, oursins, spicules d'éponges, coraux, en général sous forme de débris roulés). La couleur prédominante est le gris bleuté à bleu foncé.

Coupe au N-W du Bibicharbanou (3^e alignement) :

- A la base : calcaire gris, détritique, à spicules d'éponges, à grains de silice, rares bélemnites
- Ensuite, calcaire légèrement dolomitique, très noir, terne charbonneux, d'aspect gréseux, plus ou moins fétide, avec de nombreux débris de fossiles. L'épaisseur visible est de 6 m.
- Calcaire détritique gris clair, compact, en bancs de 30 cm avec des Rynchonnelles et des bélemnites. Epaisseur : 2 m.
- Un calcaire rouge violacé fait suite, sur une épaisseur de 6 m. C'est un calcaire miroitant, à débris de fossiles, graveleux, finement cristallisé; le pendage est de 60° vers le Nord.
- Un calcaire graveleux à entroques, miroitant, crème clair, en petits bancs, avec des intercalations de passées jaunâtres. Epaisseur : 20 m. Pendage : 65° N.
- Sur la crête de la colline, le dernier faciès du Jurassique est un calcaire dolomitique jaunâtre finement gréseux et siliceux, peu épais (5 m) recouvert en discordance légère par les calcaires noirs à orbitolines du Crétacé. La discordance angulaire, très faible, est stratigraphique.

1.5.2 - Age.

DELLENBACH a posé la question des limites du Jurassique supérieur que STAHL (45) et RIVIERE (41) placent au Bajocien supérieur ou au Bathonien pour la limite stratigraphique inférieure.

Nous avons vu que la présence de *Cancellophycus* dans les grès du Lias, laisse supposer que le Lias peut inclure le Bajocien.

1.6.3 - Epaisseur.

Ainsi le Jurassique du Bibicharbanou n'excède pas une épaisseur de 40 mètres. Cette faible puissance est imputable aux actions tectoniques.

Vers l'Ouest, à environ 200 m de la coupe, le Jurassique se termine en biseau. Le gros de la colline formant l'alignement II est constitué par des calcaires à orbitolines.

Dans le Sépayeh l'épaisseur maximum est de 250 m.

1.6.4 - Localisation.

Le Jurassique est présent dans les petites collines du N-E du Bibicharbanou. Mais les affleurements sont très réduits.

Dans la région de Mesgarabad, le Jurassique forme les crêtes supérieures à l'Est du Kouh-é-Zah. C'est l'extension la plus méridionale des vastes affleurements calcaires que l'on rencontre depuis Garah-Tchechmeh jusqu'au Djaje-rud à l'Est.

Au Nord de la piste de Garah-Tchechmeh, le Jurassique forme des pitons rocheux qui semblent transpercer la couverture crétacée. (Fig. 8).

Les mêmes calcaires à faciès littoraux "urgonoïdes" sont cités immédiatement à l'Est de cette zone, dans le Kouh'i' Djalovak (11).

Les calcaires jurassiques forment un croissant qui couronne les hauteurs au Nord et à l'Ouest du village de Turkman Deh. (Fig. 12).

Les hauteurs qui surplombent au Sud le village de Shorkh-Hezar sont uniquement constituées de calcaires jurassiques.

Ce sont aussi des calcaires jurassiques qui bordent les "Chasses Royales" tout au long de la route de Mazanderan.

Enfin, rappelons l'existence d'affleurements jurassiques dans les Monts du Latyan et près de Lachkarak. (11)

1.7 - CRETACE INFERIEUR.

1.7.1 - Historique.

NIEDERMAYER puis RIVIERE (1934) reconnurent l'existence de Crétacé dans l'Anti-Elbourz. Madame NAZEMI se limitant au Sud-Ouest de la zone étudiée, n'a pu malgré une étude faunique minutieuse apporter une conclusion entièrement satisfaisante à la stratigraphie du Crétacé. Enfin, DELLENBACH qui n'avait pas dans sa zone cartographiée tous les faciès du Crétacé, a su trouver une solution valable en ce qui concerne la valeur stratigraphique des Exogyres.

1.7.2 - La base du Crétacé.

D'une façon générale la base du Crétacé inférieur manque. RIVIERE (41) mentionne que NIEDERMAYER "a récolté dans des calcaires brun gris plus ou moins bitumineux

Rhynchonella depressa d'Orb.

Terebratula aff. *collinaria* d'Orb.

que KRUMBECK rapporte à l'Hauterivien". Mais nous ne saurions dire où ces fossiles ont été prélevés.

1.7.3 - Aptien

Par contre, les calcaires à orbitolines sont bien connus dans la région (épaisseur maximum : 350 m).

1.7.3.1 - Faciès et localisation.

Au Nord-Ouest du Bibicharbanou, sans discordance apparente avec le Jurassique :

- calcaire noir, compact, à veinules de calcite renfermant de nombreuses orbitolines. Ce calcaire peut présenter un aspect de fausse brèche avec une concentration des orbitolines dans le "ciment" qui est décoloré. Toute la colline, à part le pied S-E est en calcaire de l'Aptien. Localement les faciès varient : calcaire compact à lamellibranches (exogyres), calcaire dolomitique, calcaire argileux, marnes claires à orbitolines.

On retrouve de faibles affleurements de calcaire à orbitolines dans les petites collines du N-E du Bibicharbanou. Ce sont des calcaires gris à grain fin avec traces de coquilles, des calcaires noirs à cassure taillante et filonnets de calcite.

Au Sud-Est du Bibicharbanou, au Nord de l'Usine Iranit, se trouve une petite colline formée essentiellement par des calcaires noirs à orbitolines; à la base les calcaires sont broyés et présentent un aspect schisteux : le soubassement de la colline est formé par des grès lie-de-vin du Cambrien.

Plus à l'Est, le Crétacé inférieur à orbitolines affleure entre la route du Khorassan au Sud et le hameau de Lipa-

zanak au Nord; une coupe du Sud vers le Nord montre (voir coupe 7) :

- . A la base un calcaire crème clair, fin, siliceux, marmorisé au contact des masses éruptives.
- . un banc de grès quartziteux, à grains fins, gris clair, à patine noire et à glauconie diffuse ;
- . puis sur une faible épaisseur, des marnes grises surmontées par un banc de grès quartziteux. Ensuite 300 mètres de calcaire : calcaires récifaux crème clair, marmorisés et siliceux, à patine rougeâtre, d'aspect ruiné, avec des rudistes et des débris de lamelli-branches; le pendage est de 30 à 35° N.
- . des calcaires gris foncé à orbitolines.
- . ensuite affleurent sur plus d'un kilomètre les formations détritiques du Crétacé supérieur qui sont en position synclinale.

Au N-E du hameau de Lipazanak des lambeaux de Crétacé inférieur réapparaissent à la faveur de failles. On peut suivre vers l'Ouest les affleurements de calcaire à orbitolines dans une série de petites buttes qui sont plus ou moins ennoyées dans les alluvions et recouvertes par les tufs éocènes.

Dans le massif du Sépayeh, dans les reliefs tourmentés qui s'étendent au Sud de Dohak nous avons trouvé des calcaires à orbitolines :

- . à la base calcaire bleu noir, d'aspect bréchoïde à nombreuses orbitolines, à passées très fossilifères: lamellibranches, polypiers, brachiopodes.
- . calcaire crème clair fin à foraminifères et lamelli-branches.
- . calcaires gréseux jaune (rare) en bancs très redressés épais de 50 à 100 cm.
- . au sommet calcaire blanc grossièrement cristallisé, récifal à orbitolines.

Vers le Kouh-é-Djalovak, M. NABAVI dit avoir trouvé du calcaire à orbitolines en transgression sur le Jurassique, mais dans le même massif DELLENBACH signale que les orbitolines peuvent être remaniées dans des formations plus récentes.

1.7.3.2 - Faune.

NAZEMI (25) signale la faune suivante (N-O du Bibicharbanou) :

Orbitolina conoidea Gras, O. discoidea Gras,
O. conica d'Orb., O. arabica Henson,
O. bulgarica Desh.

Ces orbitolines se rencontrent fréquemment dans les préparations avec de nombreux foraminifères tels que :

Milliolidae, Textulariidae, Lagenidae, Algues,
Polypiers, etc..

Cette faune a aussi été décrite par DELLENBACH (Séfid Kamar, Kouh-i-Areh, Tiz Kouh ...)

1.7.4 - Albien.

Madame NAZEMI rattache à cet âge des calcaires à rudistes du N-E du Bibicharbanou dans lesquels elle a trouvé une "forme proche de Eoradiolites plicatus Conrad de l'Albien". La plus septentrionale de ces collines présente une calotte calcaire encadrée de failles et soulevée par les roches éruptives. On y reconnaît un pseudo-conglomérat formé de gros galets de calcaire fin de couleur crème enrobés dans un ciment réduit, vert ; en fait il semble que ce soit un calcaire finement cristallisé qui a été recristallisé et marmorisé par un léger métamorphisme.

Ce calcaire compact est recouvert par un calcaire siliceux et par un calcaire gris clair, à éclat gras, plus ou moins marmorisé, avec de nombreuses sections de rudistes et de grands lamellibranches à valves applaties, en partie silicifiées, mis en relief par l'érosion. Une plaque mince de cette roche renferme une section d'orbitoline.

1.8 - CRETACE SUPERIEUR.

Le Crétacé supérieur est largement représenté dans la partie de l'Anti-Elbourz que nous étudions. La vaste étendue des affleurements et la diversité des faciès contribuent fortement à donner à ce massif montagneux, sa morphologie très particulière qui l'individualise des autres formes de reliefs de l'Elbourz.

1.8.1 - Cénomanién-Turonien.

1.8.1.1 - Faciès et localisation.

Au Nord-Ouest du Bibicharbanou, la combe qui s'étend au Nord du troisième alignement (Crétacé inférieur) du Bibicharbanou, est creusée dans des formations à faciès gréseux: calcaire gris gréseux, marnes gréseuses, calcaires marneux qui s'étendent jusqu'au flanc Sud du dernier alignement. RIEBEN y a trouvé des exogyres (28).

Vers le sommet du dernier alignement, des calcaires à Millioles et un niveau à Rynchonellidés (28) sont recouverts par des calcaires massifs à cherts. NAZEMI y signale : Globotruncana Linnei d'Orb et Globotruncana Lapparenti (26)

Vers l'Ouest, la colline de Tchechmeh-Ali est formée de calcaire dolomitique à silex, à patine gris clair, à cassure gris crème sur le flanc Sud et rose crème au Nord.

Au Nord-Est du Bibicharbanou, NAZEMI (25 et 26) note la présence de grès cénomaniens dans les galets du conglomérat éocène.

La montagne du Kouh-é-Zah (1600 m d'altitude) est formée de faciès semblables à ceux décrits ci-dessus. Une coupe S-N débutant à l'Est des carrières de gypse montre : (coupe 15 et 16)

a)- A la base :

- . des calcaires très gréseux, fins, noirs, d'aspect schisteux,
- . des grès calcareux gris clair, schisteux,
- . des grès gris, altérés, de couleur jaune en surface, avec de petits grenats (légèrement métamorphisés au contact des roches éruptives),

- . des calcaires marneux bleu-noir effrités, gréseux,
- . ensuite une faille qui passe au pied des reliefs.

b)- la grande masse du Kouh-é-Zah est formée de calcaires; calcaire gris, siliceux, à éclats gras, à grosses bélemnites et sections d'encrines, lits de cherts

Puis s'intercale un banc d'une dizaine de mètres de calcaire dolomitique jaune.

Le flanc Sud de la crête septentrionale est formé par 150 m de calcaire noir, finement cristallisé, en bancs compacts très épais. La crête elle-même doit son escarpement à un calcaire gris à patine jaune, en bancs réguliers de 50 cm d'épaisseur, caractérisé par des lits noirâtres de silex épais de 15 cm.

Dans ces calcaires Madame NAZEMI a déterminé :

Globotruncana Linnei d'Orb.

" Lapparenti

Ce sont donc les équivalents des calcaires qui forment la crête du dernier alignement au N-W du Bibicharbanou.

De part et d'autre de la moyenne et haute vallée de Tambakoui, on trouve des affleurements discontinus de calcaires marneux bleutés, des marnes gris-bleu, et des calcaires gréseux à rognons de silex, en bancs de 50 cm à débris de lamellibranches; vers l'amont, les calcaires gréseux se chargent de glauconie.

1.8.1.2 - Age.

Les faciès gréseux pourraient représenter un élément de base de la transgression cénomaniennne peu marquée dans l'Anti-Elbourz, mais signalée comme importante dans l'Elbourz Central (41).

Les calcaires siliceux massifs terminaux sont attribués au Turonien quoique Globotruncana Linnei indiquerait un niveau supérieur au Turonien (11).

1.8.2 - Sénonien.

1.8.2.1 - Sénonien inférieur : les couches rouges (K2b)

Le membre suivant de la série stratigraphique du Crétacé est représenté par une forte accumulation de matériaux détritiques rouges.

1.8.2.1.1 - Faciès

Il est essentiellement constitué par des conglomérats à galets émoussés d'une longueur moyenne de 15 cm calcaires en majorité : galets de calcaire bleu jurassique, rarement du Trias, galets calcaires du Crétacé, galets bien roulés de roches éruptives sombres; le ciment est gréseux à éléments anguleux; des micro-brèches et des micro-conglomérats à ciment fin calcaire, à débris de bryozoaires, d'algues, petits foraminifères, grains de glauconie et de phosphates, alternent avec les conglomérats; dans la grande étendue rouge, au N-E de Turkman Deh, culminent de petites buttes de dolomie gréseuse à rares rognons de silex; les marnes rouges ne font pas défaut ; autres faciès très répandus : des grès fortement glauconieux à patine beige (versant du Kouh-é-Sépayeh), banc calcaire détritique rougeâtre (Nord de Dohak), calcaire glauconieux à bryozoaires et échinodermes (Ouest du Kouh-é-Zah).

1.8.2.1.2 - Origine.

Le fait que ces formations renferment des foraminifères, de la glauconie et des phosphates, élimine l'hypothèse de dépôts continentaux; dans une fosse marine venaient s'accumuler d'abondants dépôts provenant de l'érosion de reliefs essentiellement secondaires; ceci semblerait indiquer une phase orogénique post-turonienne.

1.8.2.1.3 - Age.

La présence de Globotruncana Linnei et G. Lapparenti n'apporte pas de précision en ce qui concerne l'âge de cette formation détritique; en effet, ces fossiles sont signalés depuis les calcaires turoniens, jusqu'au calcaires glauconieux campaniens. Toutefois venant après le cénomano-turonien et précédant des terrains reconnus sénoniens, nous sommes forcés d'accepter un âge Sénonien inférieur (K2b).

1.8.2.1.4 - Épaisseur.

L'épaisseur approximative du K2b sous le Kouh-é-Sépayeh est de 1200 à 1500 m.

1.8.2.1.5 - Localisation.

Son aire de répartition est vaste; de Shork-Hésar au Nord à Ghara-Tchehmeh au Sud, de Turkman-Deh à l'Ouest au Djadgeroud à l'Est, le K2b forme un paysage de vallons monotones dont la couleur rouge accentue l'aspect désertique.

Ce membre détritique se retrouve dans la région de Lipazanak, en position synclinale sur le Crétacé à orbitolines.

Au Nord et au Nord-Est du Kouh-é-Zah il forme des hauteurs de 1700 m il est recouvert en transgression par les conglomérats rouges de l'Eocène.

Notons qu'à l'Ouest de Turkman Deh, le K2b s'amincit au-dessus du massif grano-dioritique; au contact il présente un aspect ruiné, sombre, ferreux, avec de nombreux galets de Lias métamorphisé, apparemment le métamorphisme a atteint cette formation.

1.8.2.2 - Sénonien inférieur gréseux.

1.8.2.2.1 - Faciès

Avec une nette discordance viennent ensuite des formations gréseuses (K2C1) ; alternances de calcaires gréseux et de marnes gréseuses; la glauconie est quasi-constante, son abondance peut donner à la roche une couleur verte; la dolomie est présente mais peu abondante. Ces calcaires se caractérisent dans la morphologie par une couverture épaisse de régolithes. Localement les calcaires ont un débit schisteux.

Les marnes sont aussi très gréseuses et glauconieuses; la couleur varie du gris au vert olive selon la teneur en glauconie.

Dans le Sépayeh les marnes sont plus fréquentes vers la base.

1.8.2.2.2 - La faune.

Les calcaires et les marnes ont des niveaux fossilifères abondants; ils fournissent une faune riche en individus, mais d'interprétation délicate :

Exogyra columba Lam.

Neithea quadricostata Sow.

Lima, Inocerames, Pectinidés, Pholadomie,

Micraster coranguinum

De rares foraminifères : on retrouve les Globotruncana Linnei des Millioles, des Globigérines. Les exogyres sont tellement abondantes qu'elles forment des lumachelles. Comme le fait remarquer DELLENBACH, Exogyra columba est classiquement rapportée au Cénomanién-Turonien; RIVIERE (42 à 44) plaçait les couches gréseuses dans le Turonien "et peut-être dans le Cénomanién pour les niveaux inférieurs".

NAZEMI (26) reconnaît aussi un âge Cénomanién-Turonien pour les calcaires à exogyres situés à l'Ouest de Ghara-Tchehmeh. Les Exogyres sont riches en individus et pauvres en espèces, indices d'une faune résiduelle (11-25). Par contre la présence de Neithea quadricostata et de Micraster coranguinum confirme un âge Sénonien inférieur.

1.8.2.2.3 - Localisation.

Ces terrains (K2c) sont bien représentés dans la région située au Nord et au Nord-Ouest de Ghara-Tchehmeh, ils forment aussi les contre-forts des trois monts du Sépayeh.

Sur la face Nord du Kouh-é-Sépayeh, le K2c n'est plus représenté que par une quinzaine de mètres de brèches grossières à gros blocs de calcaire gréseux à exogyres.

Ces formations se retrouvent sur le flanc Sud des hauteurs qui dominent Turkman Deh.

1.8.2.2.4 - Les calcaires récifaux (K2c2)

Enfin signalons la présence de faciès récifaux et de calcaires à bryozoaires notamment à l'Ouest de Dohak; ce sont des calcaires très clairs, légèrement gréseux, avec de nombreux organismes d'origine récifale; rares rudistes, nombreux polypiers, oursins, très beaux bryozoaires; ces calcai-

res se présentent en îlots inclus ou posés sur les calcaires gréseux.

Les calcaires à bryozoaires sont des formations isolées dans la masse des calcaires et des marnes gréseuses à exogyres; leur position stratigraphique leur donne un âge contemporain de celui du K2c ; nous ne pouvons pas en faire un terme plus ancien que le K2b.

1.8.3 - Campanien (K3)

1.8.3.1 - Faciès

Le terme supérieur du Crétacé est représenté par des calcaires légèrement gréseux, finement cristallisés, à gros grains de glauconie parfois légèrement argileux, de couleur gris-vert à patine brune. Le sommet du Kouh-é-Sépayeh est formé par un calcaire gréseux, fin, à glauconie abondante, de couleur bleu-gris et à patine bleue avec de gros rognons de silex laiteux.

1.8.3.2 - Faune

Les gros fossiles sont rares. Mais il y a de nombreux spicules d'éponges et les foraminifères sont abondants.

DELLENBACH décrit une riche faune campanienne avec de nombreuses espèces de Globotruncana.

1.8.3.3 - Localisation

Les calcaires campaniens du Sépayeh reposent sur une surface d'érosion qui a rabotté les calcaires à exogyres et les conglomérats rouges (Fig. 8 et 9). Ils forment les sommets les plus élevés au Nord de Dohak. Au Sud-Est de Ghasr-é-Firouzeh ces calcaires sont directement transgressifs sur le membre conglomératique rouge.

M. NABAVI nous a signalé l'existence de tels calcaires au Nord de la résidence de Douchan Tappeh; la butte de Douchan Tappeh elle-même pourrait être campanienne.

Nous résumons dans un tableau (Tableau II) la stratigraphie du Crétacé.

Tableau II

Age	Faciès	Notation
Campanien	Calcaire glauconieux à Globotruncana	K3
Sénonien infér.	Calcaires à bryozoaires	K2c2
	Calcaires et marnes gréseuses à exogyres	K2c1
Sénonien infér.	Conglomérats et grès rouges	K2b
Turonien	Calcaires massifs à silex	K2a2
Cénomanién	Calcaires gréseux, grès	K2a1
Albien	Calcaire clair à rudistes	K1
Aptien	Calcaire à orbitolines	K1

- Conclusions sur le Crétacé.

Malgré une légère lacune à la base du Crétacé puisque les premiers terrains reconnus sont datés de l'Hauterivien, il semble qu'il y ait une continuité stratigraphique entre le Jurassique et le Crétacé, dans les régions méridionales de l'Anti-Elbourz. En effet, aux faciès marins du Jurassique font suite sans discordance visible, les calcaires à orbitolines à faciès franchement marins (Aptien) mais dès le sommet de la série des calcaires à orbitolines, des faciès peu profonds apparaissent avec les calcaires à rudistes de l'Albien.

Avec les séries gréseuses du Cénomanién, se confirme une tendance qui persistera tout le Crétacé supérieur; celle de la proximité des reliefs. On ne saurait parler devant le peu d'ampleur des affleurements dans la région, d'une transgression cénomaniénne.

Le Turonien indique toutefois un léger retour aux conditions marines.

Une phase tectonique post-turonienne permet les fortes accumulations détritiques rouges; ces formations ont dû se déposer dans une fosse proche des reliefs (essentiellement secondaires) mais suffisamment profonde pour favoriser une vie pélagique intense.

Les faciès gréseux à Exogyres indiquent un retour à des conditions marines moins profondes : le sillon est comblé par 1500 m de dépôts détritiques; l'activité tectonique amène une discordance notable et favorise sans doute la tendance à l'émersion; dans ces eaux peu profondes, la vie récifale se développe.

Enfin, après une activité orogénique suivie d'une période de repos suffisante pour permettre l'établissement d'une surface d'érosion, se dépose le Campanien au cours d'une transgression qui dépasse le cadre de synclinorium crétacé; en effet le Campanien est signalé dans la haute chaîne de l'Elbourz (11).

Ainsi au cours du Crétacé supérieur, se dessine une activité orogénique, mouvements précurseurs de l'orogénèse alpine tertiaire.

1.9 - EOCENE INFÉRIEUR.

Nous groupons sous cette appellation des formations essentiellement détritiques et éruptives. Elles soulignent l'activité orogénique paroxysmale du début des temps tertiaires.

Avec la transgression campanienne la mer a fait sa dernière vraie incursion dans la zone qui nous occupe. Les faciès marins se cantonnent dans les régions de bordures, comme le golfe de Touchal, et encore avec des faciès récifaux et lagunaires.

1.9.1 - Région de Mesgarabad

Au Nord et au Nord-Est du village, s'étendent jusqu'à Qasr-é-Firouzeh et vers l'Est jusqu'à 3 km de Garah Tchehmeh, des formations détritiques conglomératiques. La couleur est rose-rouge, mais dans l'ensemble plus pâle que celle des conglomérats crétacés sous-jacents; la morphologie générale est plus molle, les interfluves moins aigus que pour le K2b ; ils forment toutefois des reliefs élevés au Sud de Qasr-é-Firouzeh.

Ces conglomérats s'accumulent sur de fortes épaisseurs, ils sont assez homogènes et peuvent renfermer des blocs de 50 à

100 cm de diamètre. On y trouve des éléments de toute la série mésozoïque, la présence de calcaire glauconieux campanien est un bon critère de distinction.

. Faciès

Une coupe schématique de la face Sud de la colline située au Nord du village de Mesgarabad montre :

- un épais conglomérat à la base,
- des grès rouges et des micro-brèches renfermant du quartz, des plagioclases, des lamelles de biotite, de la glauconie en grain, du fer, c'est en somme un micro-agglomérat sédimento-volcanique. Il se distingue d'un tuf volcanique par une stratification fine bien marquée, souvent entrecroisée,
- de grès rouges à éléments volcaniques grossiers
- agglomérat essentiellement volcanique de couleur claire
- le sommet de la colline est formé par une dalle de roche volcanique du type andésitique.

A la terminaison Est de la dalle andésitique on trouve entre le sommet des agglomérats et la coulée andésitique, des lambeaux de calcaire gris bleu, finement cristallisé, partiellement recristallisé, légèrement glauconieux, à nombreux débris d'organismes littoraux, périrécifaux (entroques, algues, polypiers).

1.9.2 - Au Nord-Est du Bibicharbanou.

Au Nord des petites collines crétacées on retrouve un affleurement de ce même conglomérat, à pendage de 60° vers le N-E. Au Nord il semble passer sous les formations volcaniques.

1.9.3 - Région de Touchal.

A l'extrême Est de la carte, sur la bordure occidentale du bassin de Touchal, une coupe montre sur 600 m d'épaisseur (Fig. 6) :

- En partant du Nord ^{sur} les calcaires jurassiques ou les grès du Lias, quelques mètres d'un agglomérat volcanique d'aspect bréchique, recouvert par des laves andésitiques massives de couleur verte ou grise ou violacée. Ces laves forment la majorité du massif au Nord-Ouest de la dépression de Touchal.

Le pendage général est vers le Sud.

- Un complexe rougeâtre : d'abord des agglomérats formés de gros blocs de 1 m de diamètre de laves vertes, cimentés par un tuf violacé.

Ensuite vers le Sud, formant dépression, des marnes gréseuses rouge vif. Ce complexe rouge affleure largement et est recouvert soit par les calcaires lutétiens, soit directement par les roches vertes de l'Eocène supérieur.

Cette coupe montre l'âge anté-lutétien des agglomérats rouges et des coulées andésitiques très répandues sur la bordure Sud de l'Anti-Elbourz.

1.9.4 - Les collines volcaniques du Sud.

Les structures anticlinales qui ferment au Sud la plaine de Téhéran, sont formées de roches volcaniques semblables à celles de l'Anti-Elbourz:

- un agglomérat volcanique très grossier avec des blocs de 1 m de diamètre, à rare ciment composé de débris de laves, raboté par une surface d'érosion et recouvert par les cailloutis de piémont, recouvre le complexe volcanique avec un faible pendage et est parfois surmonté par des coulées de Trachyte et de Trachy-andésite. Nous leur donnons un âge contemporain de celui du volcanisme.

On peut par analogie de faciès, comparer cet ensemble avec la série décrite ci-dessus à Touchal. L'épaisseur est estimée entre 50 et 100 m.

Ces affleurements sont visibles dans les têtes de thalweg sur le pied Nord du Kouh-é-Arath, aux alentours de Tchehmeh Naïn.

1.9.5 - Les couches de passage.

Dans la structure du Latyan, DELLENBACH signale au sommet de l'Eocène inférieur détritique et volcanique, un calcaire gréseux à *Pycnodonte gigantica* Sol., à *Alvéolines* et à *Nummulites*, qui représente le terme de passage vers le Lutétien.

Le gypse de Talo est situé juste au-dessus de ces calcaires. Le long de la piste qui va de Chork-Hesar à Do Chenar sur le Djadéroud, on trouve très tectonisées, en affleurements étirés, des lentilles de gypse associées à des marnes bleues et vertes. Ce gypse pourrait être du même âge que celui de Talo.

1.10 - EOCENE MOYEN. LUTETIEN.

1.10.1 - Les calcaires lutétiens.

Le Lutétien est très mal représenté dans la région étudiée.

1.10.1.1 - Mesgarabad.

Cependant, autour du bassin gypsifère de Mesgarabad, on trouve des lambeaux épars de calcaire gris-brun, très altéré ou des calcaires gris vert très glauconieux à inclusions de tufs volcaniques, notamment le long de la rivière sèche au S-E du village, on en trouve sous forme de chicots, remontés le long de failles en différents endroits du bassin. Ils livrent une faune à Nummulites et Orthophragmines.

1.10.1.2 - Lipazanak.

Au Sud-Est de Lipazanak, dans les petites collines de Crétacé inférieur des calcaires dolomitisés jaunes et des calcaires marneux vert-clair renferment aussi des Nummulites.

1.10.1.3 - Touchal.

Les plus beaux affleurements sont ceux qui font suite aux formations rouges de l'Eocène inférieur de Touchal: un calcaire à faciès récifal à Pycnodonte gigantica, Pectinidés, Bryozoaires, Echinodermes, Lamellibranches, Algues, Nummulites, Rotalidae, Lagénides (11).

C'est à la base de ces calcaires que se situent les lentilles de gypse exploitées au N-W de Touchal.

1.10.1.4 - Collines volcaniques du Sud.

Au N-E de Chaltaran des sables jaunes consolidés renferment des Nummulites et des Ostréides.

1.10.2 - Le bassin gypsifère de Mesgarabad.

Au S-E du village de Mesgarabad, s'étend un bassin sédimento-volcanique de faible étendue, mais d'intérêt économique certain grâce au gypse qui est activement exploité (Fig.17).

1.10.2.1 - Faciès.

A la base de la série sur les formations andésitiques de l'Eocène inférieur, on trouve :

- localement une brèche de couleur crème clair,
- plus généralement des formations détritiques rouges. Des conglomérats sont fréquents à la base,
- puis grès argileux lie de vin surmontés par les marnes et les argiles rouges (7 m à plusieurs dizaines de mètres).

Ces formations rouges se rencontrent sur tout le pourtour du bassin, mais elles prennent de l'extension à l'extrémité Est où elles forment un paysage typique de bad-lands.

- . Au-dessus viennent des couches de couleur jaune : roches volcaniques microlithiques à composition ryolithique et à structure ophitique. Ces roches se retrouvent en une couche continue dans tout le bassin (épaisseur : 5 à 50 m)
- . Au sommet : couches vertes, formées de calcaire très fin, argilo-gréseux, légèrement silicifié, avec quelques rares grains de glauconie. Localement ces calcaires sont plus siliceux et renferment des spicules d'éponges. Il n'est pas rare qu'ils aient un aspect schisteux; ils prennent une couleur jaune par altération. Dans le coeur des petits synclinaux, ces calcaires passent parfois à des grès argileux fins, schisteux, de couleur également verte.

1.10.2.2 - Conditions de gisement du gypse.

L'ensemble est plissé en une série d'anticlinaux et de synclinaux de faible importance, mais dans la zone gypseuse la tectonique a été plus violente; plus que la sédimentation, elle a délimité des lentilles de gypse cloisonnées par des plans de failles très redressés. Le gypse semble être inclus ou recouvert par les couches vertes. Son épaisseur est très variable (60 m au maximum, 20 m en moyenne); il est diapirisé comme le prouvent les pendages très tourmentés. En bordure des lentilles, les couches vertes sont très redressées et prennent un faciès de schiste lustré noir.

Le long des plans de faille, la circulation des eaux a favorisé le développement de géodes hérissés de cristaux de gypse très pur et de dimensions inusitées.

1.10.2.3 - Age.

Les couleurs vives, les faciès grés-marneux et le gypse ont fait penser aux séries gypsifères de l'Oligo-Miocène (25). Mais la présence de calcaire à Nummulites en divers points du bassin - en position stratigraphique incertaine, il est vrai - nous fait préférer un âge Lutétien.

1.11 - EOCENE SUPERIEUR : LES "COUCHES VERTES" DE L'ELBOURZ (E₃)

Les "roches vertes", bien connues en Iran sous l'appellation anglo-saxonne de "Green-beds", forment une unité caractéristique et très spéciale dans la stratigraphie de l'Elbourz. Cette appellation est due uniquement à la couleur; ce ne sont pas des roches vertes au sens pétrographique du mot. Elles constituent la totalité de la barrière rocheuse qui s'élève jusqu'à 4000 m au Mont Tauchal.

De bonnes descriptions ont été données par DELLENBACH (11) et surtout par C. LORENZ (22). Nous mentionnerons ici quelques observations particulières relevées au cours de longues randonnées dans les vallées qui entaillent l'Elbourz au Nord de Téhéran.

1.11.1 - Complexe de base (E_{3a})

A la base de la série, on trouve une imposante masse de roches volcaniques de composition variée, accompagnées par des tufs volcaniques et des tufs sédimentés; nous appellerons cet ensemble le "complexe volcanique de base" (E_{3a}).

Il se différencie assez bien dans la topographie par ses reliefs tourmentés, sans toutefois former les sommets; au contraire sa position stratigraphique ne lui permet pas une position topographique élevée. L'ensemble est de couleur foncée, d'aspect cahotique. Ce complexe est fortement développé au pied même du Tauchal, et s'élève au Nord de Tajrich; sa présence due à de grands accidents tectoniques, confère au Mont Tauchal sa grande altitude, malgré l'absence des termes stratigraphiques supérieurs.

1.11.2 - Les calcaires schisteux noirs inférieurs (E_{3b})

1.11.2.1 - Faciès

A la base de ce terme, se trouvent des schistes calcaires brun noir, finement grenus, finement lités, dé-

tritiques, avec du quartz anguleux, du fer, des débris de pyroxènes, et de la matière organique brune. Les éléments carbonatés sont plus importants que les éléments pyroclastiques. Présence de globigérines et de radiolaires.

Des petits bancs de calcaire gris à patine chocolat, très finement cristallisé et quartzeux, s'intercalent entre les calcaires schisteux foncés.

Mais, s'intercalent aussi des bancs plus durs et plus clairs de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, de tufs de couleur vert clair, à grains fins, siliceux; ces bancs durs se suivent très bien dans la topographie.

1.11.2.2 - Morphologie.

Cette alternance de bancs durs et tendres donne au Mont Tauchal sa morphologie particulière, de montagne à la fois massive et escarpée ; ce sont aussi ces bancs durs qui permettent en jouant le rôle de charpente que des matériaux aussi peu solides que ces schistes calcaires, forment les sommets les plus élevés.

1.11.2.3 - Epaisseur.

Les calcaires schisteux noirs forment des épaisseurs considérables dans le massif du Tauchal. Les valeurs sont très approximatives, cependant nous pouvons affirmer que leur puissance dépasse les 1000 mètres. Il n'est pas improbable que ces épaisseurs prennent des valeurs doubles, si ce n'est plus localement (2500 m ?).

1.11.2.4 - Localisation.

Les couches noires coiffent le complexe volcanique de base; elles s'étendent en direction du Nord-Ouest jusqu'au village de Lonis qui surplombe la haute vallée du Karadj. Au Nord et à l'Est, elles sont recouvertes par les tufs verts du membre suivant.

Vers l'Ouest, une grande faille de direction NO-SE, limite leur extension, si bien que dans le bassin du Kan, les affleurements des couches noires inférieures sont très réduits, on en trouve dans les replis anticlinaux, lorsque les cours d'eau ont

creusé suffisamment (vallée de Farahzad); des lambeaux noirs remontent localement le long de la grande faille.

Enfin, les "klippes" de Shadabad sont essentiellement formées par ces calcaires schisteux noirs.

1.11.3 - La série des tufs verts inférieurs (E3c)

Ce terme représente les roches vertes proprement dites. Ce sont elles qui ont le plus grand développement dans l'Elbourz. Par suite, les meilleures descriptions se réfèrent à ce terme.

1.11.3.1 - Position stratigraphique.

Les "couches vertes" sont discordantes sur les formations inférieures : elles reposent sur les couches noires dans le massif du Tauchal; par contre à Touchal, elles recouvrent les calcaires lutétiens; ailleurs elles peuvent surmonter indifféremment tous les affleurements depuis le Cambrien (Latyan)

1.11.3.2 - Epaisseur.

Leur épaisseur varie, mais une moyenne de 900 (Touchal) à 1000 m peut être retenue pour la région.

1.11.3.3 - Faciès.

D'une façon générale cette série est caractérisée par des tufs de couleur verte. Dans le détail les faciès présentent une diversité incontrôlable : tufs siliceux, gréseux, feldspathiques, calcaireux, radiolarites, tufs vitreux, tufs sédimentés, tufs difficilement différenciables des roches volcaniques caractérisées, etc.. (voir le chapitre sur la pétrographie).

On peut trouver des intercalations de calcaires schisteux noirs à Globigérines, mais ils sont très mal représentés dans ce membre.

1.11.3.4 - Morphologie.

La partie inférieure de la vallée montagnarde du Kan est encaissée dans les tufs vert-pistache, durs, en bancs épais, en saillie, avec des reliefs en falaises, cascades, étroitures et passages difficiles.

1.11.3.5 - Sédimentologie.

On y reconnaît des séquences lithologiques avec de gros bancs de tufs massifs, verts, qui alternent avec des radiolarites sombres ou bleutées, en bancs plus fins, plissotés. A Latyan des cycles sédimentaires ont été décrits par DELLENBACH.

A. VATAN et AYANIAN décrivent un phénomène semblable avec parfois du "graded-bedding" au kilomètre 9 de la route Karadj-Tchalous (49).

Dans la vallée de Kan, on observe aussi des tufs détritiques présentant une granulométrie très variable, depuis l'aspect gréseux jusqu'au conglomérat avec grosses brèches à éléments violacés ou vert pistache noyés dans un ciment de tuf vert clair.

1.11.4 - Série des calcaires schisteux noirs supérieurs. (E3d)

1.11.4.1 - Faciès.

Dans la vallée du Kan, à l'aval et à l'amont du village de Sulqan, s'étendent sur de fortes épaisseurs, des formations noirâtres de calcaires schisteux, siliceux, très fins, avec de nombreuses Globigérines, à rares éléments pyroclastiques : gros cristaux de plagioclases très altérés, rares; quartz anguleux, zircon.

A la base de la série, formant banc repère, se trouve un tuf gris clair siliceux et chloriteux à structure homogène. 500 à 600 m plus haut, un autre banc en relief, clair oblige à une brusque montée du chemin; c'est une intercalation de tuf pyroclastique altéré, très hétérogène, peu sédimenté, qui a conservé une structure de roche volcanique acide. En inclusions, tuf grossier calcaire, chloriteux, à éléments roulés de tufs, et Nummulites. Une telle roche montre clairement le milieu dans lequel se sont formés de tels tufs : explosions volcaniques de type acide, en milieu détritique calcaire. Ces inclusions, d'une longueur de 50 cm, sont arrondies et de couleur vert foncé. Ce banc a une épaisseur de 60 m.

Vers le milieu de la série, les calcaires schisteux alternent avec des bancs de 5 à 100 cm de tuf blanc moucheté de vert. C'est un tuf pyroclastique siliceux, très dur, avec quartz, augite, oligoclase abondant.

La partie supérieure de la série est formée par l'alternance de lits de schistes noirs d'épaisseur moyenne 5 cm et de bancs de même épaisseur de tufs vert foncé, fins pyroclastiques, chloriteux, avec des débris de pyroxène et du fer. L'ensemble de la série a un pendage vers le N-W, plus faible au sommet qu'à la base.

1.11.4.2 - Morphologie.

Ce membre est morphologiquement très caractéristique, formes molles, quelques paysages de bad-lands, loupes de glissement, et surtout la couleur noire, contribuent à individualiser ce terme de la série des "couches vertes" de l'Elbourz.

Cette série n'est pas sans rappeler les calcaires schisteux inférieur (E3b). Leur confusion a trompé RIVIERE qui a dû replisser la série afin de placer les formations noires en position anticlinale; il en résulte une tectonique qui est plus compliquée qu'elle n'est en réalité.

1.11.4.3 - Epaisseur.

L'épaisseur de l'ensemble a été évaluée à 500 mètres (valeur moyenne). Cette série est localisée dans le bassin du Kan, où elle occupe une position synclinale.

1.11.5 - Série des tufs verts supérieurs. (E3e)

Sans que la coupure soit stratigraphiquement bien nette, il est morphologiquement aisé de distinguer au-dessus des calcaires schisteux noirs un nouvel ensemble de tufs verts.

1.11.5.1 - Faciès.

La partie inférieure de ces tufs (E3e1) est soulignée par des venues volcaniques : coulée basaltique de couleur sombre bien caractérisée dans l'extrême Nord-Ouest de la carte.

Les tufs proprement dits, débutent par des tufs violets qu'il est difficile de distinguer d'une roche proprement volcanique de type ryolithique.

L'ensemble E3e1 est bien stratifié, avec des tufs durs, en bancs d'épaisseurs variables mais pouvant atteindre 20 m.

Ils forment des reliefs en falaises. Les lits siliceux noirs et les passées calcaires noires, si elles existent, sont rares. La couleur de l'ensemble est grise, elle est due à l'abondance de tufs gris à végétaux, siliceux, légèrement pyroclastiques dont le fond est formé par un pavage de petits cristaux de silice et de calcite, avec des traces diffuses chloriteuses.

Dans la région étudiée, le dernier terme de la série des "couches vertes de l'Elbourz" se trouve au coeur du synclinal de la haute vallée du Kan.

Ce sont des tufs de couleur vert clair à patine claire souvent blanchâtre; ces tufs (E3e2) font suite normalement aux tufs gris, mais se distinguent de ces derniers non seulement par la couleur, mais aussi par la finesse de l'homogénéité de leur structure. Morphologiquement, s'ils occupent des sommets élevés, ils sont moins durs que les tufs gris et par suite un peu moins escarpés.

1.11.5.2 - Epaisseur.

L'épaisseur approximative de la série des tufs verts supérieurs (E3e) a été évaluée à 800 m. Mais leur limite supérieure n'est pas connue.

1.11.6 - Conclusions sur les "roches vertes".

1.11.6.1 - Hypothèses sur l'origine des couches vertes.

L'alternance sur de fortes épaisseurs de dépôts d'origine volcanique et de sédiments calcaires fins à Globigérines, permet de préciser le milieu dans lequel se sont formées les "roches vertes". Le milieu normal était une mer dans laquelle se déposaient des sédiments fins du type des boues calcaires à faune pélagique (boues à Globigérines).

Ces boues se sont déposées sur des épaisseurs considérables; si l'on excepte les éléments d'origine volcanique, les dépôts détritiques fins ou grossiers font pratiquement défaut. Ainsi le milieu était représenté par une mer dont les rivages étaient soit lointains, soit privés de reliefs capables de fournir des apports grossiers, soit que le climat de tendance aride eut empêché des écoulements riches en dépôts grossiers.

Cette dernière hypothèse, qui peut se superposer aux

autres n'est pas à exclure et on se souvient que les dépôts d'origine évaporitique sont bien représentés avant, pendant, et après la formation des roches vertes.

Devant les fortes accumulations on peut aussi se demander si cette mer n'était pas très profonde, sinon il faut envisager une forte subsidence.

Dans cette mer à sédimentation calcaire, un volcanisme de type essentiellement acide épanchait d'une façon presque continue des éléments pyroclastiques qui se sédimentaient plus ou moins rapidement avec les calcaires; au cours de paroxysmes, les dépôts volcaniques dominaient sur la sédimentation calcaire, mais l'absence de roches volcaniques caractérisées (exception faite du complexe de base) empêche l'hypothèse d'épanchements de grandes coulées, mais laisse supposer des explosions sous-marines équivalentes du volcanisme péléen ou vulcanien; des roches acides, rhyodacitiques étaient projetées par une activité volcanique du type explosif (C. LORENZ parle avec juste raison de nuées ardentes)(22) La remontée de ces laves devait être facilitée par les failles qui accompagnaient la subsidence.

D'énormes nuages de débris, libérés par les explosions péléennes, brassaient les boues calcaires et diffusaient dans les eaux marines; les hautes températures qui accompagnaient de tels phénomènes devaient favoriser des mouvements de convection qui remontaient en direction de la surface les débris; ces débris s'étaient ensuite horizontalement à un certain niveau, devaient être pris en charge par les courants marins, et finalement retombaient sur le fond en se mêlant aux sédiments normaux, et subissant un classement par gravité qui peut expliquer le "graded-bedding".

De telles explosions, si elles provoquaient des hétacombes chez les Globigérines, favorisaient par la libération de silice diffuse le développement d'une faune riche en radiolaires. Enfin, signalons qu'à l'origine des dépôts calcaires noirs, il pouvait y avoir une active érosion des marnes schisteuses du Lias que l'orogénèse en cours avait pu mettre à l'affleurement.

1.11.6.2 - Epaisseur.

Nous récapitulons les termes de la série des roches vertes et leurs épaisseurs approximatives :

Tufs verts supérieurs	800 m
Calcaires schisteux noirs, supérieurs	500 m
Tufs verts inférieurs	1000 m
Calcaires noirs inférieurs	2000 m
Complexe effusif de base	400 m ?

Nous estimons ainsi que les dépôts sédimento-volcaniques de la série des "roches vertes" peuvent atteindre une épaisseur supérieure à 4500 m; localement, dans le massif du Tauchal, les calcaires noirs inférieurs peuvent, semble-t-il, avoir des épaisseurs encore plus fortes, ce qui donnerait une puissance maximale proche de 5000 m.

Cette puissante série est bien mise en valeur au Nord de Téhéran, grâce à une grande faille transversale qui a remonté les membres inférieurs (Mont Tauchal) et qui a permis à la suite d'un affaissement, la conservation des termes supérieurs. (Bassin du Kan).

1.11.6.3 - Age des "couches vertes"

L'Eocène terminal décrit par DELLENBACH dans la région de Kond et de Ajan-Bolan, fait complètement défaut dans la zone étudiée. Quant à l'âge des couches vertes de l'Elbourz, nous avons tout lieu de dire qu'elles sont plus jeunes que le Lutétien, - nous rappelons qu'à Tauchal elles recouvrent les calcaires lutétiens. En ce qui concerne leur limite supérieure, il faut la placer dans l'Eocène terminal; DELLENBACH décrit au N-W de Fond et à l'W de Saran, des formations à caractère récifal ou périrécifal, sous la discordance oligo-miocène, avec une faune de l'Eocène supérieur.

1.11.6.4 - Proposition d'une nomenclature.

Le nom de "roches vertes" est en usage depuis près d'un siècle (TIETZE, 1877), il est passé dans le langage courant des géologues de l'Elbourz.

On a pu remarquer au cours de la description stratigraphique que les formations de couleur noire sont plus développées que les vertes.

Dans la nomenclature actuelle, le terme de "formation de Karadj" a été retenu. Karadj est le nom d'une vallée située quelques kilomètres à l'W de la région étudiée. La série des roches vertes y est bien développée mais la puissance totale semble inférieure à celle de la région de Téhéran-Kan.

Si les termes supérieurs, signalés par C. LORENTZ (22) dans la haute vallée du Karadj, sous le nom de calcaires de Kandavan (150 m) manquent ici, par contre le terme effusif de base est bien représenté au Nord de Téhéran.

	Différentes séries	Nom des formations	Notation
Formation de Karadj (sens large)	- Calcaires supérieurs	Formation de Kandavan	
	- Tufs verts supér.	F. du Kan	E3e
	- Calcaires schisteux noirs supérieurs	F. de Suleqan	E3d
	- Tufs verts inférieurs	F. de Karadj s.s.	E3c
	- Calcaires schisteux noirs inférieurs	F. du Mt Tauchal	E3b
	- Complexe effusif de base	F. de Darband	E3a

1.12 - OLIGO-MIOCENE. MIOCENE.

Le Miocène, en Iran, avec sa grande extension spaciale, ses épaisseurs considérables et sa nature lithologique, joue un rôle dominant dans la morphologie comme dans l'économie du pays. Epais de plusieurs milliers de mètres, il s'est accumulé dans des bassins subsidents, notamment au pied des reliefs nouvellement formés, à l'emplacement des grandes étendues stériles et désertiques.

1.12.1 - Localisation.

Dans la région étudiée, le Miocène est surtout localisé dans la partie Sud, où il affleure autour des reliefs volcaniques. Mais il sert de substratum à la majorité de la plaine de Téhéran; les épandages limoneux ou alluviaux le masquent dans les parties planes; sur les glacis de piémont, on le trouve sub-affleurant sous le mince manteau des regs.

Nous précisons que nulle part tout au long du chevauchement de l'Elbourz sur le piémont de Téhéran, nous n'avons trouvé de formation qui pût être classée dans le Miocène.

1.12.2 - Faciès.

Les faciès présents sont assez uniformes, la couleur qui domine est le rose pâle, accentuée par les teintes claires désertiques. Ce sont essentiellement des formations détritiques, rarement grossières, généralement continentales ou lagunaires, faites par une alternance de grès calcaro-argileux, de grès fins jaunes, gris clair, roses, de marnes bariolées souvent gypsifères; dans la région de Chaltaran, ce sont des argilites silicifiées à fond d'opale, ou de véritables gaizes, roches siliceuses carbonatées, contenant de nombreux spicules d'éponges et du phosphate en grains.

Dans la structure de Talo, on rapporte au Miocène un ensemble détritique composé par une barre de conglomérats grossiers de couleur rouge (100 m d'épaisseur), le passage avec le Pliocène se faisant progressivement, il est difficile de délimiter le Miocène, mais nous placerons aussi dans le Miocène supérieur les assises de grès friables de couleur grise, que recoupe en maints endroits la route de Talo à Lachgarak.

1.12.3 - Age.

Ces terrains appartiennent sans doute à la "formation rouge supérieure"; en effet la couleur des formations supérieures est plus pâle que celle de la "formation rouge inférieure".

De plus, localement, le Miocène passe sans discordance visible, et plutôt en continuité stratigraphique avec les cailloutis réputés pliocénes ou tout au moins "mio-pliocène".

1.12.4 - Epaisseur.

Il ne semble pas que le Miocène atteigne de fortes épaisseurs dans la plaine de Téhéran sauf dans des compartiments affaissés; les cycles d'érosion quaternaires se sont fortement inscrits dans ces sédiments fragiles, et en bordure des massifs éruptifs, le substratum éocène apparaît dans les puits peu profonds.

Le Miocène prend vraiment de l'ampleur immédiatement au Sud de la région cartographiée. En dehors de notre région, le Miocène

supérieur s'accumule sur de fortes épaisseurs dans le bassin de Tauchal, en discordance sur tous les termes de l'Eocène.

Le Pliocène et le Quaternaire feront l'objet d'une étude particulière : celle des formations alluviales du Piémont de Téhéran.

* *

*

2.- PETROGRAPHIE DES ROCHES ERUPTIVES.

2.1 - INTRODUCTION.

Si l'on considère que les tufs verts de l'Elbourz sont d'origine volcanique, que le massif de l'Anti-Elbourz est littéralement porté et soulevé par une masse cristalline et que les reliefs du Sud sont axés sur des formations volcaniques, on n'est pas loin de penser que le substratum rocheux de la région de Téhéran est presque exclusivement formé par des roches d'origine éruptive.

2.2 - AGE.

2.2.1 - Age des roches volcaniques.

La quasi-totalité des roches éruptives de la région est d'âge tertiaire. A vrai dire, nous ne connaissons pas de roches éruptives que nous pourrions placer avec certitude dans des temps plus anciens. Les roches de couleur vert foncé associées avec les psamites du Cambrien sur la face Sud de la colline d'Aminabad, ainsi que les divers affleurements qui recourent les terrains du Bibicharbanou ont dû remonter au cours de phases tectoniques de style cassant lors de l'orogénèse alpine.

Le volcanisme le plus facile à dater est celui des roches vertes de l'Elbourz, qui nous l'avons vu, est d'un âge Eocène supérieur. L'Eocène inférieur a vu l'épanchement de grandes

coulées associées avec des agglomérats; elles forment les reliefs méridionaux de l'Anti-Elbourz, bordant au Nord la route du Khorasan. Ce volcanisme Eocène inférieur se retrouve dans les reliefs du Sud; nous rappelons que leur âge a été déduit de la présence d'agglomérats semblables à ceux que l'on trouve au N-W du bassin de Tauchal et de sables jaunes à Nummulites.

Le volcanisme plus récent est très mal caractérisé; peut-être faut-il penser aux petits dykes qui recoupent les coulées des reliefs du Kouh-i-Arath ?

2.2.2 - Age du massif cristallin.

DELLENBACH dans une courte allusion, a tendance à placer le massif cristallin de Kars-é-Firouzeh, dans l'Oligo-Miocène et peut-être à la fin du Miocène "lors de la phase paroxysmale". Il est certain que les âges donnés par RIVIERE (42, 43, 44) (post-liasique) puis par Madame NAZEMI (post-jurassique) sont trop anciens. Le métamorphisme de contact a touché non seulement les marnes et les grès du Lias, mais aussi tous les terrains du Jurassique et du Crétacé; de plus, les roches volcaniques et les agglomérats éocènes, notamment dans la région située entre Tambakoui et Lipazanak, semblent être soulevés et sont mêlés avec les roches plus acides et plus claires du massif cristallin.

Nous pensons que la mise en place du massif acide s'est fait après l'Eocène inférieur, c'est l'âge le plus ancien que nous lui donnerons, nous n'avons pas de preuves pour préciser cet âge.

2.3 - EXTENSION DU MASSIF CRISTALLIN.

Le massif de Kars-é-Firouzeh, s'il affleure bien dans cette région, où il métamorphise le Lias dans un contact immédiat, a en réalité une extension bien plus grande. Nous pensons qu'il faille rattacher à ce même massif, la grande majorité des roches éruptives de tendance acide que l'on rencontre en abondance dans tout le massif du Sépayeh, de Mesgarabad, à Tambakoui, Lipazanak, etc.. Toutes ces roches, si l'on tient compte des faciès de bordure et des différents sédiments assimilés, doivent appartenir au même magma. Ce massif éruptif, sub-affleurant, a détruit toute la structure de la région, et est responsable en grande partie du style tectonique très cassant. Les laves, contrairement à ce qui a pu être dit, n'ont qu'une extension restreinte autour du bassin tertiaire de Tauchal, et jalonnent d'une façon sporadique la bordure méridionale des

reliefs de Lipazanak, Tambakoui, pour être un peu mieux représentées entre le Bibicharbanou et le bassin de Mesgarabad.

2.4 - PETROGRAPHIE.

2.4.1 - Anti-Elbourz.

- Faciès du massif cristallin.

Ce sont essentiellement des roches à quartz et feldspath, où les faciès de profondeur sont rares; les faciès à bordures périplutoniques et hypovolcaniques prédominent, mais les roches volcaniques effusives ne sont pas absentes.

A Qasr-é-Firouzeh, là où le massif a été étudié en premier, les faciès de profondeur sont représentés par un granite calco-alcalin à biotite. Mais ce faciès est rare.

Rapidement ce granite passe à un grano-diorite de couleur claire où la biotite est plus abondante, le quartz abonde lui aussi; présence de feldspaths, de plagioclases acides et de hornblende (n° 46).

Localement, ce sont des diorites quartzifères roses, à orthose et séricite. La texture est plus grossière.

Ces deux derniers faciès sont les mieux représentés à Qasr-é-Firouzeh. Des filons d'aplite rose, à quartz abondant à muscovite chloritisée et zircon (n° 47) recoupent ces roches. Sur peu de mètres, ces roches passent à des faciès de semi-profondeur. Ainsi, en bordure du chemin qui mène à Gara-Tchechmeh on peut voir à côté des grano-diorites, une roche verte aphanitique, micro-grenue où les phénocristaux sont des baguettes de pennine abondantes (d'où la couleur verte); du quartz corrodé, des feldspaths altérés, de la biotite altérée, du fer, du zircon.

La mésostase est une pâte finement grenue faite de cristaux de quartz et de feldspaths enchevêtrés. Présence de calcite d'altération (n° S 49). Ces micro-granites calco-alcalins sont très répandus dans tout le massif de l'Anti-Elbourz, tout au moins dans la portion étudiée.

On les retrouve quelques kilomètres à l'Est, dans le col du chemin qui va à Gara-Tchehmeh : extérieurement ce sont des roches vertes à gros cristaux de feldspaths vitreux (n° S 51), avec de la séricite et de la chlorite, ou des roches porphyriques à grands cristaux blancs (S 52).

Les deux crêtes du Kouh-é-Zah sont séparées par un filon de micro-granite à mésostase de quartz et d'antiperthite (S. 38). Des pointements éruptifs au Nord de Turkman Deh sont aussi des micro-granites à quartz en gros grains arrondis (S 60). Les roches éruptives qui ceinturent au Nord et au N-E le Kouh-é-Zah appartiennent à des roches voisines.

Les variations de faciès ont leur origine dans la diversité des terrains assimilés : grès du Lias ou calcaires jurassiques ou crétacés. Les roches effusives sont représentées par des Ryolithes ou par des Dacites.

Au S-E du Kouh-é-Zah ce sont des roches grises ou vertes, altérées avec du quartz, des baguettes de feldspaths très altérés; de la chlorite diffuse, du fer, à verre rare (M 44) où la chlorite peut être abondante (rhyo-trachyte M 41); le fond siliceux est souvent en voie de dévitrification. L'altération très poussée des baguettes de feldspaths libère de la calcite.

Au Nord du village de Mesgarabad, les conglomérats tertiaires sont traversés par des rhyo-dacites roses (M 33) à fantômes de pyroxènes envahis par du fer et dont le fond siliceux présente une extinction roulante.

- Le métamorphisme de contact.

Au voisinage de ces roches, les terrains sédimentaires ont subi un métamorphisme léger en général et n'affectant que les assises au contact.

Les grès du Lias sont quartziteux. Le quartz occupe presque toute la roche, le fer est très abondant, le zircon peut exister (S 48), les marnes liasiques prennent un aspect de calcschistes aux couleurs sombres. Les calcaires sont recristallisés et marmorisés; au pied Sud du Kouh-é-Zah, les calcaires crétacés contiennent des grenats qui peuvent atteindre 1 cm de diamètre. Les dolomies triasiques de Kars-è-Firouzeh sont recristallisées et ont un éclat gras; des gisements de fer autrefois exploités se sont développés au contact avec les grano-diorites.

Au N-E du Bibicharbanou les calcaires à rudistes de l'Albien sont métamorphisés et marmorisés en faux conglomérats. Enfin, dans la grande vallée située au pied Sud du Kouh-é-Zah, à l'Est des carrières de gypse, on peut voir en remontant le lit du torrent, des roches d'un beau vert pistache qui sont des épidotites à épidote abondante, quartz éclaté, chlorite et feldspaths (M 43).

- Faciès du volcanisme de Mesgarabad.

Le bassin de Mesgarabad est rempli de formations sédimento-volcaniques; les roches volcaniques sont des ryolithes dont l'âge le plus ancien est Lutétien.

A l'Ouest du bassin ce sont des roches roses très claires à débit en gros prismes, à grands cristaux de feldspaths alcalins dans une pâte quartzitique et antiperthitique. Le deuxième temps a recristallisé. (M 12).

Latéralement, cette ryolithe passe à une ryolithe à structure ophitique, dont la chlorite donne une couleur verte à la roche (M 13) Vers l'Est du bassin, une coulée de lave brun sombre recouvre puis s'interstratifie dans les sédiments qui recouvrent le gypse : ce sont aussi des ryolithes ophitiques.

Devant l'analogie des faciès il n'est pas exclu que ces roches soient contemporaines et soient issues du même magma que le massif acide.

Quant à la roche qui s'intercale entre le Trias et le Lias au Nord du Bibicharbanou, c'est une roche filonienne envahie par de la silice et par du fer : elle prend localement l'aspect sidérolithique, associé avec de la silice filonienne développée en plages allongées et aiguës, imbriquées. (B 3 et 5).

2.4.2 - Les faciès des reliefs volcaniques du Sud.

Ce sont uniquement des roches effusives appartenant à un volcanisme de tendance acide. Dacites, trachytes, trachy-andésites, andésites pour le terme le plus basique, forment un groupement homogène.

D'une façon générale les termes de base sont plus acides que les coulées supérieures. Ainsi : le substratum des reliefs du Sud est formé soit par des dacites (moitié Ouest du Kouh-é-Arath), soit par

des trachytes (bordure Sud de la même montagne) ou par un mélange des deux (Mont au N-E du Mont Arath).

Les dacites sont des roches massives, denses, aphanitiques à morphologie molle, à zéolithes abondantes dans les cavités (les talus sont tapissés de grands faisceaux de baguettes rayonnantes).

Les trachytes sont des roches très claires, blanches ou roses, friables, à morphologie en creux d'aspect crayeux, avec des lamelles de mica, sanidine, quartz (V 67).

Les trachy-andésites peuvent être gris-rose, finement poreuses, à structure fluidale, aphanitiques, comme sur la bordure N-W du mont situé à l'Est de Kahrizak (V 27).

Mais les trachy-andésites sont plus généralement des roches roses violacées très dures d'aspect "entrelardé" où les inclusions claires sont des trachytes purs et le support violacé plutôt des andésites. Ces roches sont intimement liées avec les trachytes ci-dessus. Très souvent ils passent à des verres andésitiques à passées trachytiques : ce sont des coulées très dures à cassure esquilleuse, violacées ou pourpre-violacées, à structure fluidale très prononcée, où le verre forme la presque totalité de la roche; sanidine craquelée, plagioclases calco-sodiques décomposés, avec libération de calcite, de l'hypersthène très altéré et du fer (V 28) (V 68) (V 30).

En couverture, formant des reliefs en "cuesta", viennent les coulées andésitiques, massives et sombres. La couleur varie du pourpre sombre au noir violacé.

A Siedabad, la coulée supérieure est une andésite calcique à labrador. (V 65). Plus au Sud, sur la route de Qum, presque à la sortie des reliefs, c'est une andésite violacée à augite et hypersthène (V 66). Localement, la coulée supérieure est une andésite noirâtre à tendance vitreuse, à microlithes abondants mais peu développés, noyés dans un fond opaque; le pyroxène est une augite (V 6). Macroscopiquement ces roches peuvent faire penser à des basaltes; mais au microscope nous n'en avons jamais caractérisées.

A Qamsar, sous la falaise de Kahrizak, les affleurements volcaniques en dos de baleine, sont des andésites massives à hypersthène, andésine, labrador, et fer. (V 22).

Plus à l'Ouest, à Dorsenabad, ce sont encore des andésites, rose violacé, légèrement porphyriques et poreuses (V 23).

Tous les petits affleurements qui s'échelonnent au pied de la falaise de Kahrizak sont des andésites.

Dans le coude de l'ancienne route, à Kahrizak deux dos de baleine mettent en affleurement des quartzites roses et blancs dont l'origine est certainement liée au volcanisme (V 24 et 25).

Le volcanisme est lui-même recoupé par des filons plus récents; macroscopiquement ils font penser à des basaltes.

2.4.3 - Elbourz.

Nous avons parlé des roches vertes de l'Elbourz dans la partie stratigraphique. Elles proviennent d'un volcanisme explosif de type péléen ou vulcanien, dont les épanchements aussi violents qu'abondants se faisaient en milieu marin : de par la nature même de ce volcanisme les coulées bien caractérisées sont inconnues. Ce sont des tufs siliceux, chloriteux, où le quartz est fréquent, les feldspaths sont de l'oligoclase ou de l'andésine pour le terme le plus basique. La biotite cernée de noir peut exister (K 1); les pyroxènes sont l'augite (K 4 - K 6) ou le diopside (K 1), le zircon est constant, amphibole; hornblende verte (K 9). Ces tufs contiennent en quantité variable des éléments pyroclastiques et sédimentaires, voire des fossiles, et ce sur une gamme très variée où tous les termes de passage entre une vraie roche éruptive et un tuf sédimentaire existent; pour les faciès les plus proches des roches éruptives, on pourrait les assimiler à des rhyolithes, rhyodacites (K 3), ou rhyo-trachytes (K 8), rarement à des andésites.

Ainsi, dans la région étudiée, on pourrait parler d'un volcanisme acide qui cadrerait assez bien avec le volcanisme explosif envisagé.

Des roches volcaniques bien caractérisées se trouvent dans les monts du Latyan (basaltes) et le long du chevauchement frontal surtout à l'Ouest de Farahzad (andésites ?).

2.5 - CONCLUSIONS SUR LES ROCHES ERUPTIVES.

Elles occupent une répartition spatiale très grande : l'allure tectonique va en dépendre.

Par contre, elles sont toutes localisées dans le temps : le Tertiaire.

Elles semblent appartenir à un volcanisme essentiellement acide.

* *

*

3.- MATIERES UTILES.

La région étudiée étant axée sur une grande ville en pleine extension, il est intéressant de faire un tour d'horizon des matières utiles pour l'économie.

3.1 - MATERIAUX DE CONSTRUCTION.

3.1.1 - Limons à briques.

L'élément de base traditionnel de la construction iranienne, est la brique; toutes les briques sont faites à partir des limons d'épandage quaternaires. Par suite ce n'est pas par hasard que la lèpre des usines fumantes envahit les quartiers Sud de la ville. En effet, les limons ne se développent qu'en fin du piémont caillouteux. Les limons sont très abondants, leurs fortes épaisseurs permettent l'implantation de briquetteries qui s'alimentent directement sur place. Comme ce matériau est très bien approprié au climat et que la matière première est d'un prix dérisoire il demeurera encore longtemps le principal élément de la construction.

3.1.2 - La pierre à bâtir.

Mais avec la tendance au modernisme apparaît une architecture qui demande des matériaux nouveaux : les pierres de taille et ornementales sont vivement recherchées.

La région peut fournir des "marbres" décoratifs qui sont extraits des calcaires à rudistes du Crétacé; moins dé-

coratifs sont les calcaires et les calcaires dolomitiques du Trias; toutefois les calcaires du Trias et du Carbonifère sont activement exploités pour les soubassements; le Carbonifère est facile à exploiter en raison de ses lits réguliers; par contre, il ne permet pas le polissage de grandes dalles.

De par leurs couleurs originales, les tufs de l'Elbourz sont de plus en plus recherchés pour la construction.

3.1.3 - La pierre à ciment.

Une des grandes industries de Téhéran est la fabrication du ciment. Les cimenteries de Char Rey et la grande cimenterie Iranit de Ghaniabad engloutissent nuit et jour, d'énormes quantités de calcaires, calcaires crétacés pour la première et calcaires du Carbonifère pour la seconde.

Les collines crétacées sont en voie de disparition. Le Carbonifère qui alimente les usines Iranit quoique bien représenté, ne permettra pas une exploitation intensive illimitée.

3.1.4 - Matériaux divers.

Autres matières déjà secondaires : les quarzites blancs du Cambrien très riches en silice, exploités pour la fabrication locale de verre ou finement concassés comme filtres d'épuration des eaux.

La fabrication du plâtre favorise une industrie souvent artisanale. Le bassin de Mesgarabad, celui de Tauchal, les gisements de Talo, offrent des grandes quantités de gypse quoique limitées.

Les sables sont rares; ils ne sont utilisables qu'après tamisage de grandes quantités d'alluvions grossières.

Les matériaux d'empierrement des routes, les ballasts les graviers de recouvrements asphaltés, les graviers pour le béton, etc.. sont en quantités illimitées dans les formations alluviales du piémont. Mais il faut tenir compte des encroûtements et de l'hétérogénéité de ces alluvions.

3.2 - SUBSTANCES MINÉRALES.

L'exploitation des substances minérales ne se fait que dans un cadre artisanal.

Le massif du Bibicharbanou est le principal lieu d'exploitation de maigres gisements de galène, associés à de la mala-chite et de l'azurite. Ces substances sont diffuses dans les zones de broyage tectonique.

Le fer est exploité au N-E du Bibicharbanou, toujours dans les cassures. Les petits gisements de Qars-é-Firouzeh et de Ghanabad sont abandonnés.

Les argiles réfractaires du Permo-Trias sont exploitées par puits et galeries, mais le stock s'épuise et les couches plastiques sont difficiles à suivre.

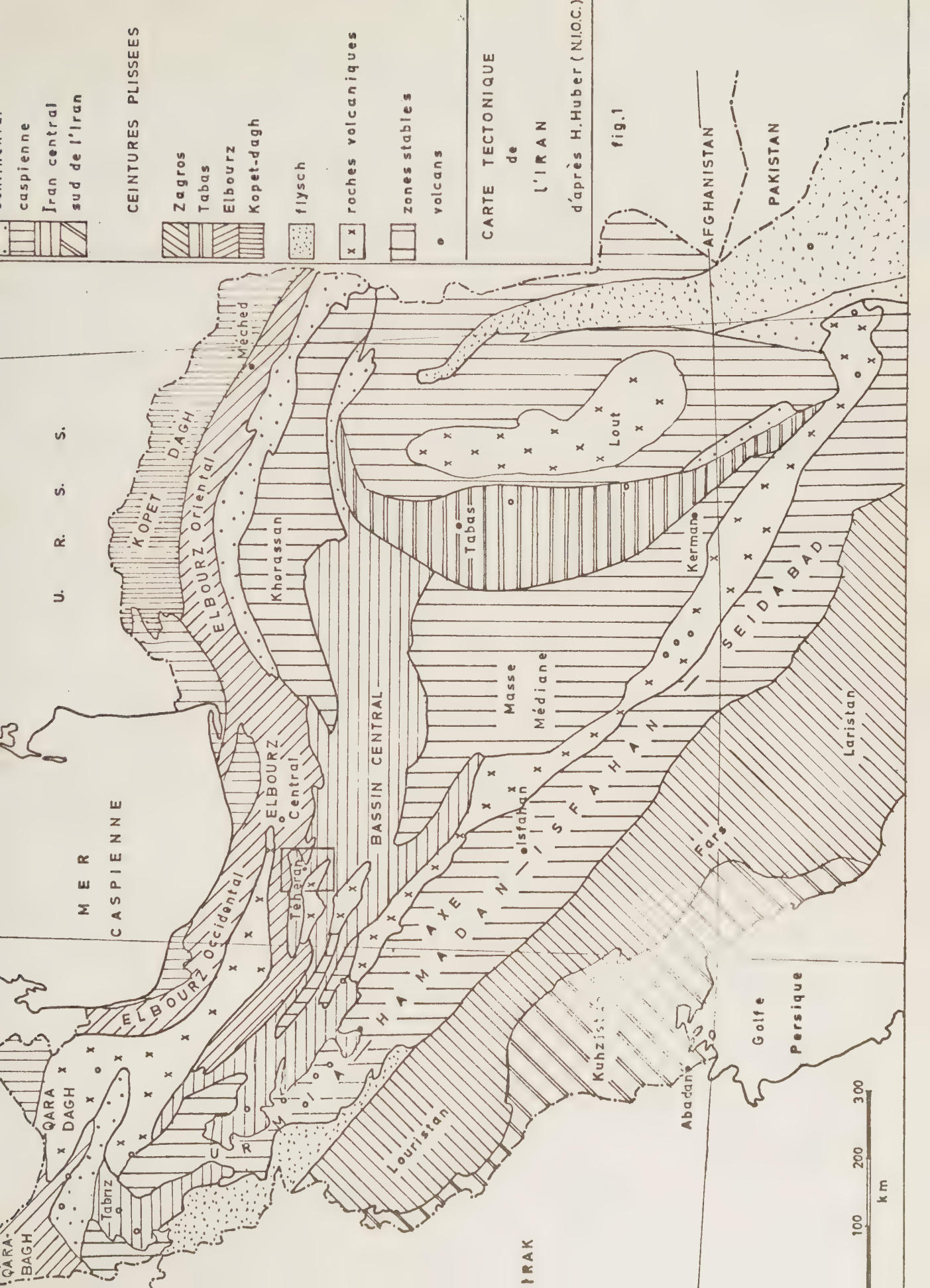
Dans le Kévir miniature de Tchamborax les croûtes salines (sulfate de soude) sont récupérées et traitées dans les usines de Ghaniabad.

Depuis peu, les terres rouges des Hézardareh sont activement exploitées, comme terre d'apport dans les jardins de la ville. Enfin, signalons les vaines recherches de charbon dans le Lias du Bibicharbanou.

En conclusion, si les matériaux de construction sont abondants, les autres substances n'ont qu'un intérêt économique médiocre et très local. Il faudrait signaler ici, la plus importante des matières utiles : l'eau, mais une grande partie de cet ouvrage lui est consacrée.

* *

*





4.- TECTONIQUE DE LA REGION DE TEHERAN.

Les traits essentiels de la tectonique de la région de Téhéran, sont dominés par la juxtaposition de deux grandes unités structurales :

- La bordure N-W du Bassin Central Iranien,
- La ceinture plissée de l'Elbourz qui limite au Nord le Bassin Central

4.1 - SITUATION TECTONIQUE DE LA REGION AU SEIN DE LA CHAÎNE DE L'ELBOURZ.

4.1.1 - Les grandes unités structurales de l'Elbourz.

La chaîne de l'Elbourz peut être divisée en différentes unités tectoniques (inspirées de A. GANSSER, H. HUBER, J. STOCKLIN, etc.); du Nord au Sud ce sont (Fig. 2 bis)

- a- La plaine côtière caspienne (1)
 - b- La zone tertiaire caspienne (2)
 - c- La ceinture plissée mésozoïque (3)
 - d- La chaîne paléozoïque centrale (4)
 - e- La zone tertiaire centrale (5)
 - f- La zone paléo-mésozoïque méridionale (6)
- } Plis bordiers Nord
} déversés vers le N
dont la partie septentrionale chevauche vers le N l'unité précédente.
- chevauchée au N par l'unité précédente.
- très souvent chevauchée ou chevauchante.

Ces trois dernières unités (4, 5, 6) forment l'ossature de la chaîne de l'Elbourz. On lui donne souvent le nom de Haute Chaîne.

- g- La zone méridionale tertiaire (7) qui forme les plis bordiers Sud.

Dans la région qui nous occupe en particulier, des complications locales permettent de distinguer :

- h- Le Synclinorium médian tertiaire et quaternaire (8) chevauché au Nord par l'unité précédente.
- i- L'Anticlinorium méridional paléo-mésozoïque (9); c'est l'Anti-Elbourz de RIVIERE.
- j- Le Plateau de l'Iran Central (10) bassin tertiaire et quaternaire.

4.1.2 - Style tectonique général de l'Elbourz.

La chaîne de l'Elbourz date de l'orogénèse alpine. Son style tectonique n'est pas sans rappeler celui de la chaîne des Pyrénées.

Dans l'ensemble les différentes unités structurales sont de grandes écaillés qui se superposent de part et d'autre de la chaîne paléozoïque centrale (4). Au sein de chaque unité, les plissements sont assez doux, notamment pour la couverture tertiaire. Mais les terrains paléo-mésozoïques sont affectés de complications essentiellement du type cassant.

4.1.3 - Les unités étudiées.

Notre étude régionale implique la zone méridionale tertiaire (7) qui chevauche localement le Synclinorium médian (8) dont le piémont de Téhéran constitue la terminaison occidentale.

Le Synclinorium médian est isolé du plateau central iranien par le massif de l'Anti-Elbourz (9).

4.2 - L'ELBOURZ PROPREMENT DIT.

4.2.1 - Caractères généraux.

La partie qui nous occupe ne montre que la masse des "roches vertes" qui forme les puissants reliefs du Mont Tauchal au Nord de Téhéran. Ces formations appartiennent aux plis bordiers de la Haute Chaîne de l'Elbourz, car situées au Sud du grand accident de Moucha-Fachan. Les structures des Monts du Latyan, continuent vers l'Est cette unité. La particularité de cette unité est le caractère chevauchant sur la zone synclinoriale médiane et sur la bordure Nord du bassin central.

4.2.2 - Structure du Mont Tauchal.

La masse du Tauchal ne présente pas une tectonique très compliquée. Nous n'avons pas vu les empilements de couches vertes (35) (Fig. 4 et 5).

Au contraire les plis sont assez laches, le Tauchal

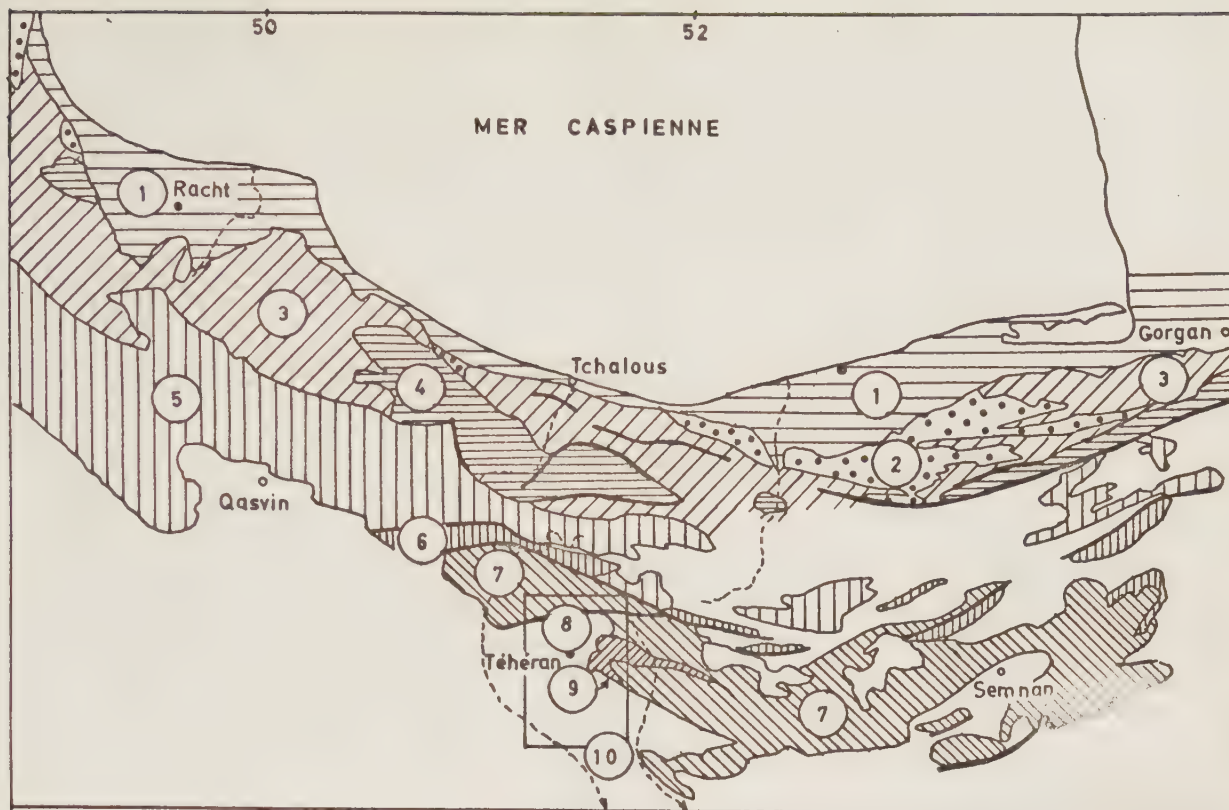
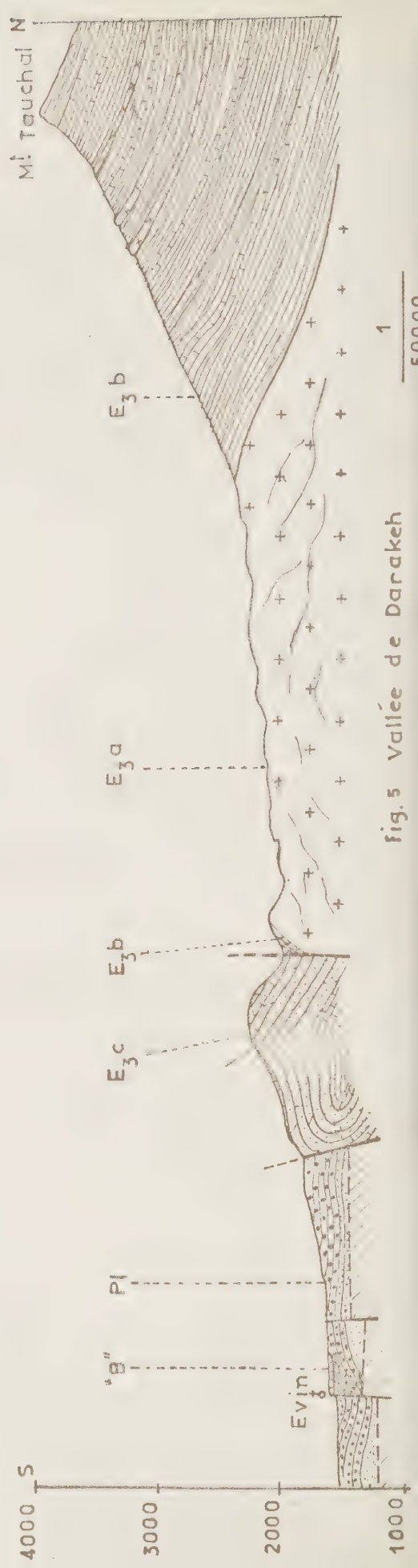
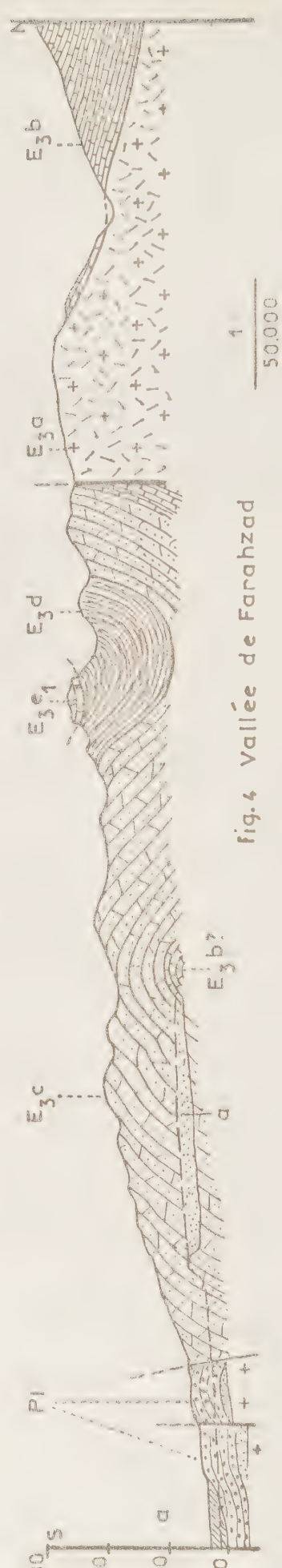


fig.2bis-GRANDES UNITES STRUCTURALES DE L'ELBOURZ

- 1 Plaine côtière Caspienne.
- 2 Zone Tertiaire Caspienne.
- 3 Ceinture plissée bordière du Nord (mésozoïque).
- 4 Chaîne paléozoïque centrale.
- 5 Zone tertiaire centrale.
- 6 Zone paléo-mésozoïque méridionale.
- 7 Zone tertiaire méridionale
- 8 Synclinerium médian (III et IV)
- 9 Anticlinorium méridional (Anti Elbourz; paléo-mésozoïque)
- 10 Iran Central (bassin III et IV)

Haute chaîne



lui-même est en position synclinale (Fig. 5) il a été surélevé par la remontée de la masse volcanique de base, cette élévation est due à la grande faille de direction NW-SE qui aboutit au NW de Tajrich.

4.2.3 - Le massin montagneux de la rivière Kan.

C'est aussi un synclinal, mais les "roches vertes" se plissent vers le Sud, pour finir en un pli déversé sur le piémont (Fig. 3).

Il faut signaler que les "roches vertes" présentent deux directions de plissement assez marquées, qui rendent parfois malaisée la localisation des axes structuraux. En plus de la direction générale de l'Elbourz, on peut notamment, le long des vallées situées à l'Ouest de Tajrich, remarquer des plissements de direction N-S plus anciens et oblitérés en partie.

4.2.4 - Les Monts du Latyan.

Vers l'Est, la structure des Monts du Latyan a été étudiée en détail par DELLENBACH, c'est un anticlinal très faillé dont le coeur montre des terrains d'âge secondaire et paléozoïque; cette masse anticlinale et sa couverture de "roches vertes", chevauchent en direction du S-W les formations tertiaires du synclinorium médian (Fig. 29).

A l'Est de Lachgarak, le coeur Jurassique recouvre une barre conglomératique miocène redressée fortement. (Fig. 30). Ce chevauchement peut se suivre jusqu'au S-E de Talo Bala.

4.3 - L'ANTI-ELBOURZ.

L'Anti-Elbourz, compris entre le synclinorium médian au Nord et le bassin tertiaire au Sud, fait figure d'anticlinorium méridional. Il n'y a pas lieu d'individualiser systématiquement deux masses distinctes de part et d'autre de la route de Qars-é-Firouzeh à Ghara-Tchechmeh.

Les terrains secondaires forment un substratum continu entre la route du Mazandéran au Nord et la route de Varamine au Sud.

4.3.1 - La masse septentrionale.

Elle n'a que des terrains d'âge secondaire. (Fig. 11). Les dolomies du Trias sont les terrains affleurants les plus anciens; la partie Ouest étant dans une zone interdite, la tectonique n'a pu être étudiée; nous mentionnerons que le Trias semble en position anormale sur les marnes et les grès du Lias. (Fig. 10)

La partie Est est recouverte par les couches rouges détritiques qui ont amorti les actions tectoniques (Fig. 8 et 9)

Les sommets du Sépayeh sont en position synclinale. Vers le Nord, les couches rouges sont plissées en une série d'anticlinaux très serrés.

Le maximum de complications se rencontre dans la région de Dohak et de Ghara-Tchehmeh (Fig. 6 et 8). Le Trias affleure dans le coeur d'un anticlinal complexe très tectonisé.

Les calcaires du Jurassique peuvent percer la couverture crétacée.

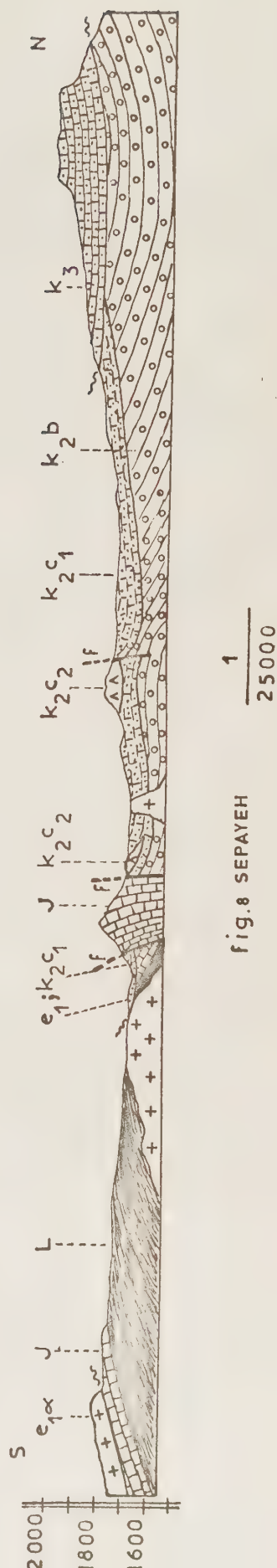
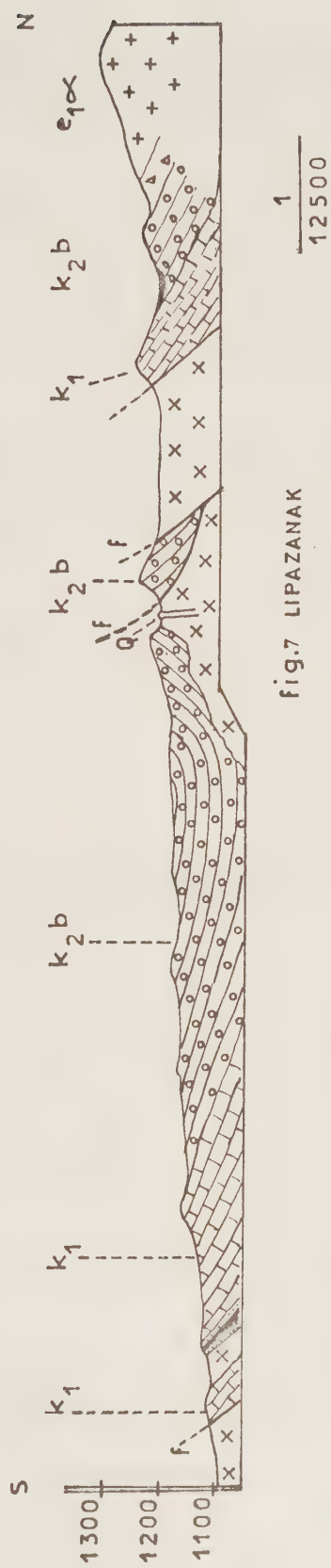
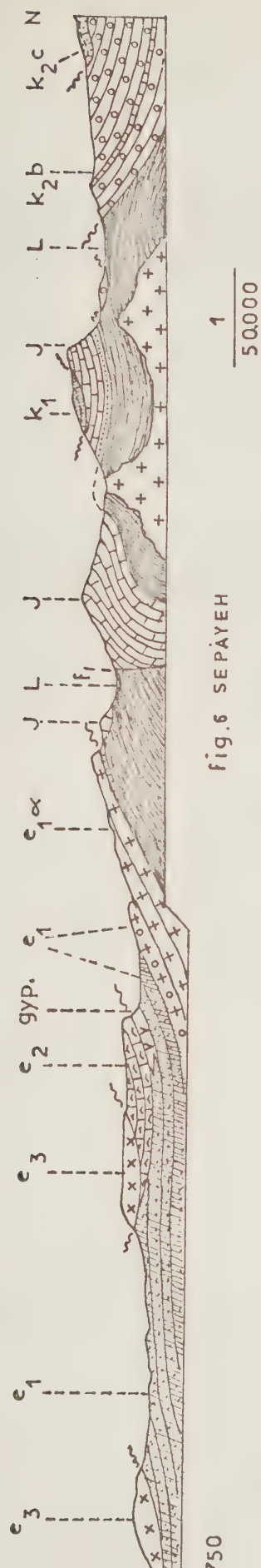
4.3.2 - La partie méridionale.

- Localisation.

C'est un synclinorium qui porte des terrains tertiaires. Ce synclinorium est compris entre l'anticlinal de Ghara Tchehmeh, et la montagne paléo-mésozoïque du Bibicharbanou.

- Style tectonique.

Cette zone est caractérisée par une tectonique très cassante; en fait une masse continue de roches éruptives que l'on doit rattacher au massif grano-dioritique de Qars-é-Firouzeh, et une couverture rigide de laves volcaniques donnent à l'ensemble de l'Anti-Elbourz une rigidité qui a refusé tout plissement depuis la fin de l'Eocène. Par contre, les fractures sont nombreuses. C'est aussi à l'existence de cette masse éruptive que l'on doit l'impossibilité d'enraciner les formations sédimentaires. En somme l'ensemble sédimentaire de cette région "flotte" sur un substratum cristallin (Fig. 15 - 16 et 17).



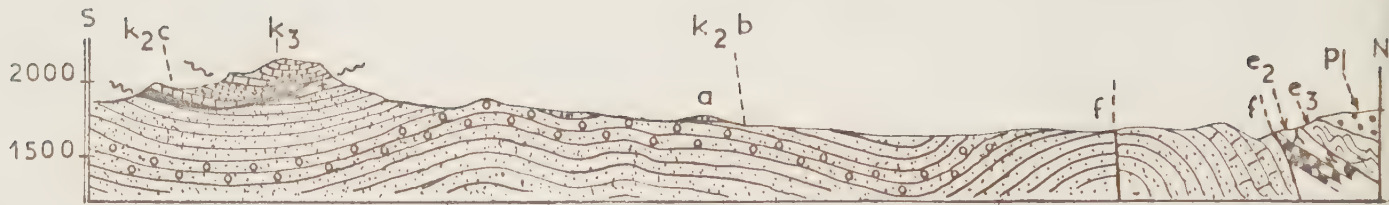


fig.9 SEPAYEH NE

1
50,000



fig.10 SEPAYEH NO

1
50,000

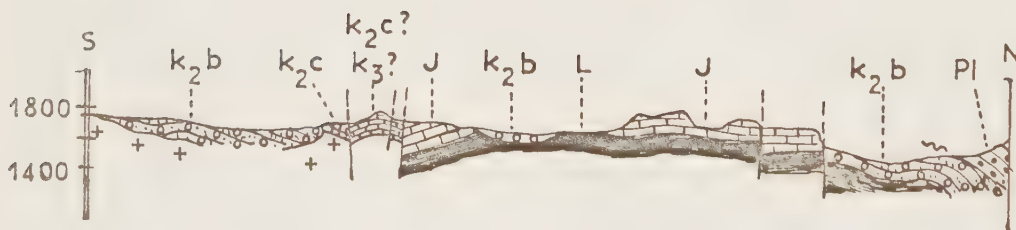


fig.11

1
50000

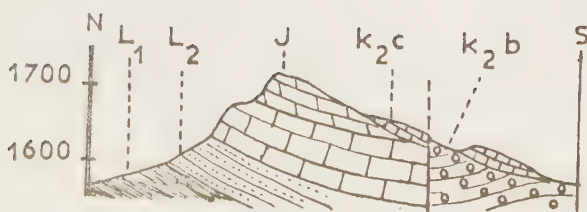


fig.12

1
10,000

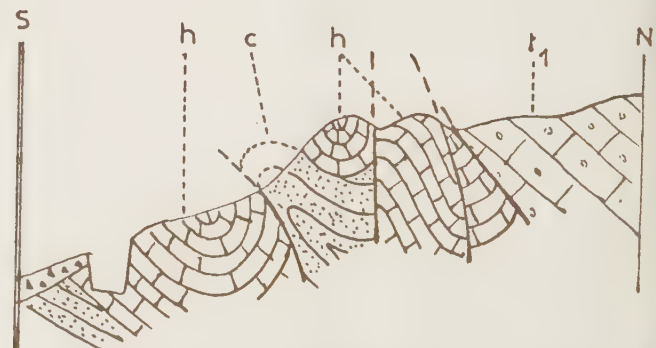


fig.13.BiBICHARBANOU

20 m

- Descriptions locales.

L'anticlinal de Ghara-Tchehmeh se poursuit vers l'Ouest par des affleurements liasiques et jurassiques, puis à l'Est de Mesgarabad par la montagne crétacée du Kouh-é-Zah ; ce mont est un anticlinal faillé sur sa face Sud (Fig. 15 et 16).

Le bassin sédimentaire de Mesgarabad est très faillé : la présence de gypse a dû favoriser la formation des petits plis de faible amplitude (Fig. 17). Par contre, la faible épaisseur de ces sédiments, n'a pu empêcher l'action de la tectonique cassante. Aussi dans l'estimation des réserves du gypse faut-il tenir compte du compartimentage par failles ce qui réduit le tonnage évalué jusqu'ici.

En bordure du piémont, les terrains plus anciens ressortent ; à Lipazanak ce sont les calcaires à orbitolines (Fig. 7). Vers l'Est ils disparaissent sous les formations tertiaires du bassin de Touchal (Fig. 6).

Vers l'Ouest, les couches monoclinales du Bibicharbanou indiquent une remontée anticlinale. (Fig. 14).

Les collines cambriennes d'Aminabad et de Ghaniabad localisent approximativement l'axe de cet anticlinal. Les failles et les décrochements sont nombreux (Fig. 14 et 18). Les actions tectoniques anciennes et récentes ont fortement réduit les épaisseurs des terrains.

- La limite Sud de l'Elbourz.

La brutale disparition des terrains anciens et les couches monoclinales suspendues au-dessus des étendues planes du Bassin Central, peuvent trouver une explication dans les actions tectoniques ; une grande faille marginale ou un chevauchement semblable à celui de l'Elbourz sur le piémont de Téhéran ne sont pas à exclure. Toutefois, nous n'avons pas de preuves pour affirmer une telle chose.

- Y a-t-il une phase hercynienne ?

Il est intéressant de noter que les calcaires carbonifères présentent deux directions de plissements, une direction ancienne N-S et un plissement NW-SE parallèle à la direction générale des plis. Le résultat est une série de petits synclinaux en forme de

coupes; ces deux directions ne s'observent que dans la Carbonifère. Par contre, le Trias est beaucoup moins plissé et seulement suivant la direction NW-SE. Doit-on voir en cela un indice d'une phase hercynienne ? (Fig. 13).

4.4 - LE SILLON MEDIAN ET LE PIEMONT.

Nous étudierons plus en détail la tectonique du piémont dans le chapitre réservé aux formations alluviales.

Le sillon médian ou synclinorium médian est localisé entre l'Elbourz au Nord et le massif de l'Anti-Elbourz au Sud.

4.4.1 - Le style tectonique.

Sur un substratum de roches vertes (elles affleurent dans les Monts du Latyan et légèrement sur la bordure Nord du Sépayeh) reposent les formations continentales miocènes visibles à Talo. Le Miocène a une faible épaisseur, si bien que la tectonique cassante post-pliocène est ici encore dominante. Mais les dépôts détritiques pliocènes et quaternaires peuvent avoir des épaisseurs très fortes et de par leur nature même ils sont assez plastiques ; par suite la tectonique cassante qui domine lorsque le substratum éruptif est sub-affleurant, peut passer à une tectonique souple que l'on peut qualifier de couverture.

Dans la région de Hézar-dareh, la forte épaisseur des cailloutis est plissée en de vastes anticlinaux dissymétriques de direction NW-SE, c'est-à-dire axés sur la structure du Latyan.

Par contre, dans le reste du piémont les directions tectoniques sont plutôt Ouest-Est.

4.4.2 - Hypothèses sur le style tectonique du substratum.

Nous pensons que le substratum de la région de Téhéran est formé par des roches solides qui ont subi une tectonique dite "en touches de piano" au cours de la phase de contraction d'âge fin ou post-pliocène (plio-villafranchienne ?).

Sur cette tectonique de "socle" s'est moulée une tectonique de couverture; les cailloutis plio-quaternaires plastiques donnent en surface une série d'anticlinaux dont les charnières se su-

Légende de la figure 15 - COUPE DU KOUH'è'ZA (Mesgarabad).

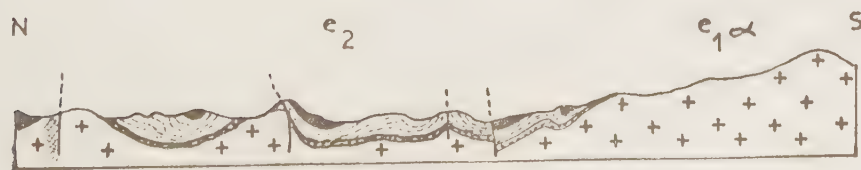
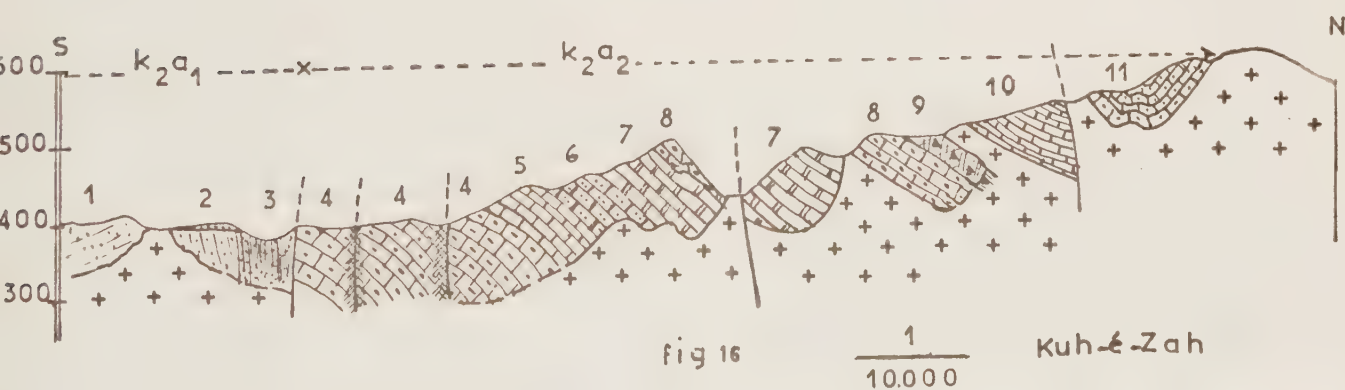
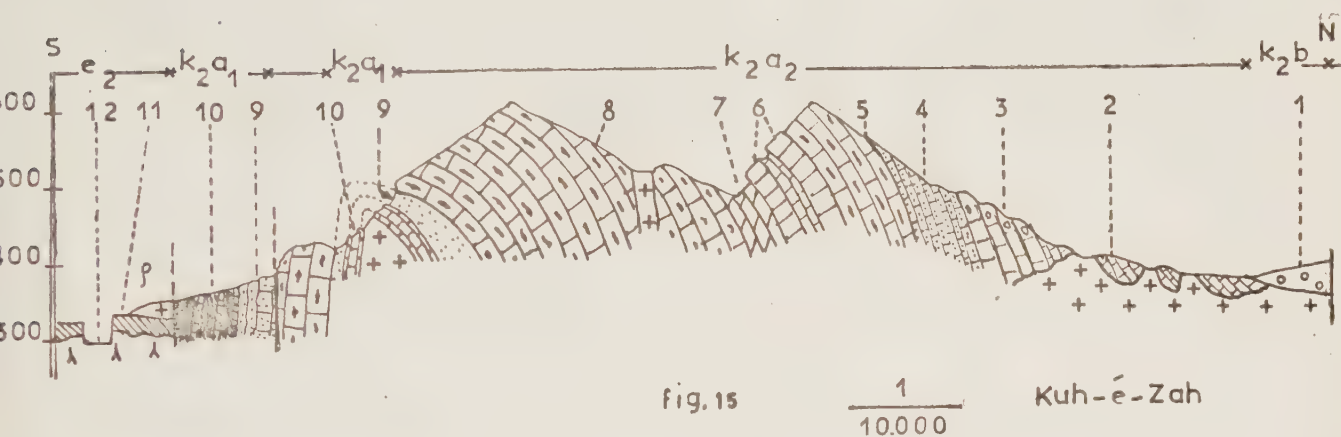
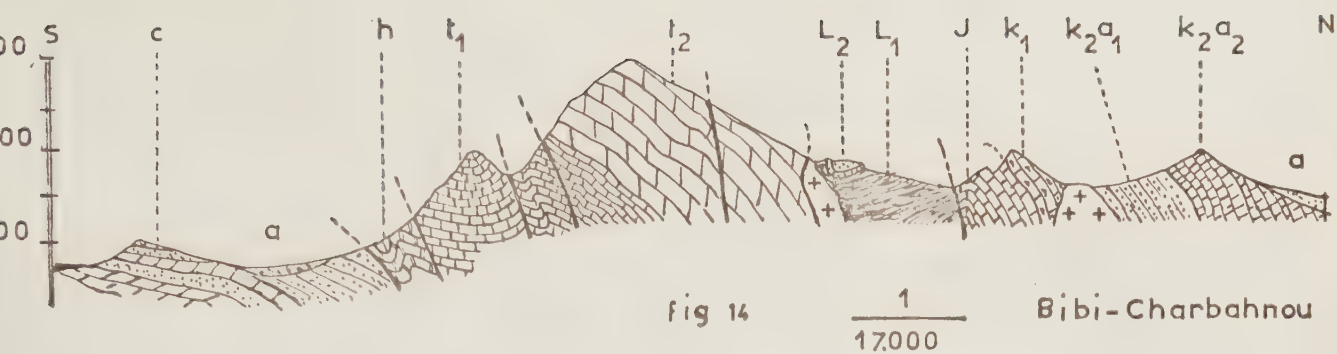
Section à l'Ouest de la montagne.

- 1 : formations détritiques rouges du Crétacé supérieur (Sénonien).
- 2 : Calcaire marmorisé gris clair, compact, fissuré, à débris de fossiles. Bancs siliceux. Lamellibranches
- 3 : Calcaire foncé, marmorisé, détritique à débris roulés, débris de fossiles, odeur fétide, creusé par des "taffonis". Poches de limonite.
- 4 : Calcaire gréseux fin, gris foncé, à cassure nette, veinules jaunâtres.
- 5 : Calcaire gris, à gros nodules siliceux, bancs de 50 cm, patine jaune.
- 6 : Calcaire fin compact, noir, en bancs épais en relief.
- 7 : Calcaire dolomitique jaune.
- 8 : Calcaire gris très siliceux à éclat gras. Bélemnites, encrines, rognons de silex. Forme l'ossature de la montagne.
- 9 : Bancs fins de calcaire gréseux fin, noir, avec des veinules de calcite.
- 10: Alternance de marnes gris noir et de bancs fins de calcaire schisteux.
- 11: Formations éocènes du Bassin de Mesgarabad, recouvertes par une coulée de rhyolithe ophitique.
- 12: Carrière de gypse.

Légende de la figure 16 - COUPE A L'EST DU KOUH'è'ZA.

- 1 : Calcaire gréseux gris clair, grès, délités, plus ou moins schisteux.
- 2 : Terrasse moyenne ("B") reposant sur le faciès (1).
- 3 : Calcaire marneux noir, gréseux, éffrité.
- 4 : Calcaire gris clair grossièrement cristallisé, éclat gras, siliceux entroques (équivalent du faciès 8 précédent).
- 5 : Calcaire noir fin, peu siliceux, en bancs de 50 cm.
- 6 : Calcaire siliceux gris clair à filonnets de calcite.
- 7 : Calcaire peu siliceux, foncé à patine brune.
- 8 : Calcaire gris siliceux, bien stratifié ; à cherts abondants en relief.
- 9 : Zone broyée, brèches.
- 10: Calcaire sub-lithographique, crème.
- 11: Calcaire noir, siliceux et calcaire marmorisé à traces de fossiles silicifiés.

Cette coupe met bien en évidence la structure "flottante" des séries sédimentaires sur les roches éruptives.



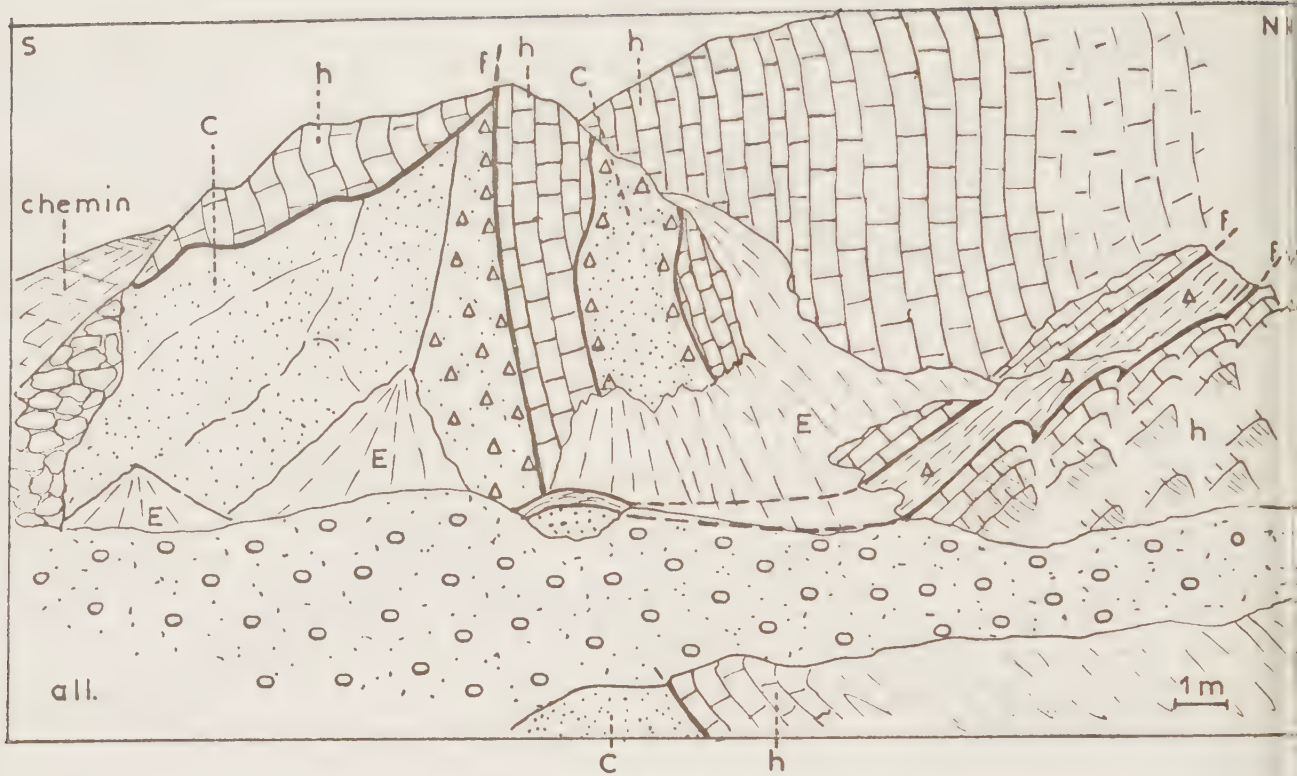


fig.18 Contact entre le Cambrien et le Carbonifère du Bibicharbahnou

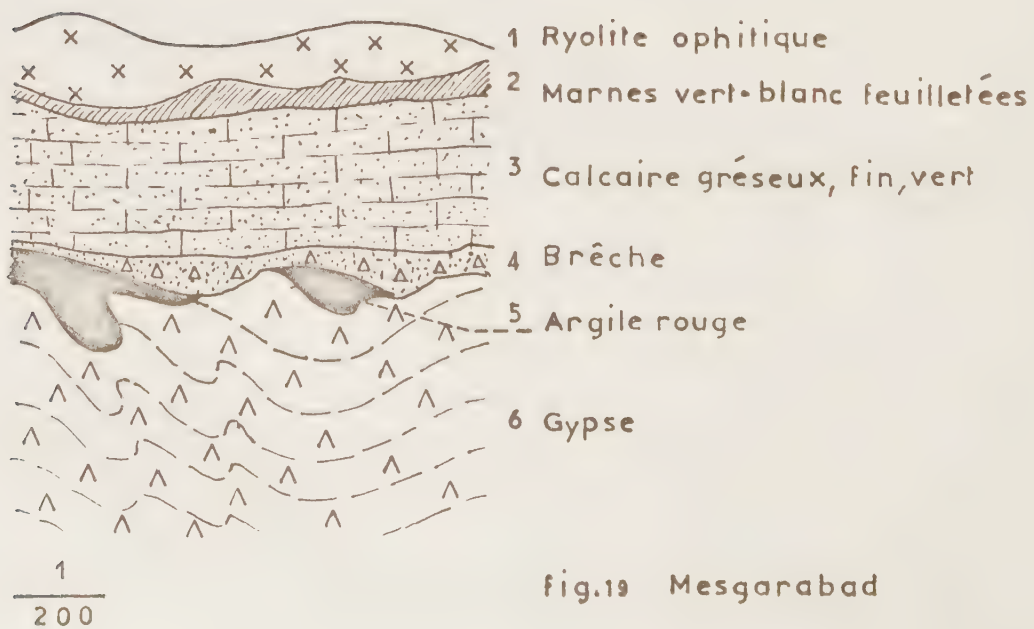


fig.19 Mesgarabad

perposent certainement à des fractures.

Cette hypothèse suffit à expliquer plusieurs faits :

- la dissymétrie des anticlinaux.
- l'alignement bien rectiligne des axes anticlinaux.
- le parallélisme de ces anticlinaux.
- l'existence de sillons d'effondrement étroits (comme celui de Mahmoudieh).

Le changement de direction dans les Hézardareh est dû à l'existence du môle du Latyan, oblique par rapport à l'Elbourz. Nous verrons que d'autres faits appuient cette hypothèse. Ainsi, il ne faut pas voir le substratum comme une surface ondulée mais comme un socle fracturé dont la proximité peut être évaluée d'après la raideur des flancs courts des anticlinaux (Fig. 44).

4.5 - LA BORDURE DU BASSIN CENTRAL IRANIEN.

4.5.1 - Localisation.

Nous rattachons sous ce titre ce que l'on pourrait appeler la plaine de Téhéran : les grandes étendues limoneuses qui passent progressivement vers le Sud aux déserts salés.

4.5.2 - Le style tectonique.

Des pointements essentiellement volcaniques permettent de se représenter encore le style tectonique.

Dans les montagnes volcaniques du Sud, c'est la tectonique de style cassant qui persiste; si les inselbergs prennent l'allure de remontées anticlinales, ce n'est pas par des plissements véritables mais plutôt par le jeu de fracturations de direction NW-SE. Toutefois ces anticlinaux présentent des flancs Sud-Ouest plus redressés que les flancs Nord-Est.

4.5.3 - Le substratum.

Par analogie avec ce que l'on peut voir sur les bordures, une série de cassures de direction NW-SE doit parcourir la plaine. Si le substratum de la plaine remonte vers le Sud pour affleurer

dans les collines volcaniques, il présente des sillons plus ou moins profonds; un sillon étroit mais relativement profond (300 m) jalonne le pied du Bibicharbanou.

L'étude géophysique (102) montre la continuation en profondeur de l'éperon du Bibicharbanou, ainsi que des principaux reliefs du Sépayeh. Les plus fortes profondeurs sont localisées au Sud de Mehrabad.

En respectant les directions tectoniques NW-SE on pourrait admettre une certaine continuité structurale entre le Bibicharbanou et Karadj. Cette continuité passerait par le point bas de Mehrabad: elle peut être matérialisée par un accident de type chevauchant. Au delà, vers le Sud, le substratum certainement formé de roches volcaniques éocènes, remonterait pour affleurer rapidement.

4.6 - CONCLUSION : EVOLUTION DES PHENOMENES GEOLOGIQUES AU COURS DES AGES.

4.6.1 - Période anté-alpine.

Les formations cambriennes sont peu développées. Vers le sommet de la série, les dépôts détritiques dominent, et les arkoses indiquent la proximité de reliefs éruptifs.

Le Silurien et le Dévonien manquent, sauf peut-être le sommet du Dévonien.

Les calcaires carbonifères très réduits en épaisseur, replissés étroitement avec les formations cambriennes présentent deux directions tectoniques et des failles replissées postérieurement, indice d'une orogénèse anté-triasique.

Après les faciès marins du Carbonifère, viennent les dépôts continentaux du Permo-Trias qui se développent sur une surface d'érosion karstifiée.

Le Trias avec ses faciès marins est moins tectonique que les terrains antérieurs : les couches monoclinales triasiques recouvrent les plis nombreux du Carbonifère.

Le Lias grés-marneux puis franchement gréseux indiquent la présence de reliefs cristallins.

Le Jurassique avec ses calcaires gréseux prouve l'extension

de conditions marines mais avec des apports d'origine continentale. Le Jurassique est de plus en plus pélagique vers la chaîne centrale. Malgré l'absence de Crétacé inférieur caractérisé, la discordance entre le Jurassique et le Crétacé n'est pratiquement pas marquée dans la région.

Le Crétacé présente des alternances marines et de tendances continentales. La proximité de continents émergés est quasi-constante.

L'Anti-Elbourz présente une série crétacée qui est très réduite dans la Haute Chaîne. Un sillon environné de reliefs a existé à l'emplacement de l'anticlinorium méridional. Les faciès récifaux et continentaux voisinent avec les formations marines; les couches rouges du Sénonien inférieur se sont déposées dans un sillon suffisamment profond pour permettre la vie d'une faune de foraminifères.

4.6.2 - Tectonique alpine.

Avec le Crétacé supérieur apparaissent les premiers mouvements tectoniques qui annoncent l'orogénèse alpine. Dans le Kuh-é-Sépayeh, les calcaires à Exogyres reposent sur les couches détritiques rouges avec une discordance.

La transgression campanienne qui sort des limites du sillon crétacé recouvre une surface d'érosion anté-campanienne. La discordance est très nette dans le Kuh-é-Sépayeh. Puis ce sont les paroxysmes tectoniques qui plissent la Haute Chaîne et la région du Latyan. Cette activité tectonique s'accompagne d'effusions volcaniques mêlées d'agglomérats.

Mais le phénomène majeur du Tertiaire est le dépôt des couches vertes qui s'est effectué après qu'une intense érosion ait décapé les terrains jusqu'au Cambrien : les tufs recouvrent indifféremment tous les terrains.

Ces dépôts d'origine volcanique alternent avec des formations franchement marines; la considérable épaisseur des "couches vertes" implique la présence de fosses marines subsidentes. Cette subsidence prend fin avec les mouvements de l'Eocène terminal qui permettent la surrection de la Haute Chaîne.

Les conditions marines se raréfient avec l'apparition des reliefs : les dépôts miocènes sont évaporitiques et détritiques,

des discordances au sein du Miocène du bassin de Tauchal prouvent la continuation des mouvements tectoniques.

Dans la chaîne de l'Elbourz, la fin du Miocène est marquée par une phase qui a permis l'élaboration des énormes dépôts conglomératiques du Pliocène. Toutefois dans la région le passage du Miocène au Pliocène semble continu, si bien qu'il est parfois difficile de localiser leur limite.

La fin du Pliocène est marquée par une phase tectonique de compression qui s'est surtout traduite par des cassures allongées suivant les directions tectoniques antérieures. Il s'en est suivi un rajeunissement des reliefs, qui s'est accompagné d'un changement de climat.

Le jeu des grandes cassures pliocènes se poursuit durant le Quaternaire. En effet, les dépôts détritiques successifs sont localisés dans des dépressions parallèles aux axes tectoniques.

Rappelons que le célèbre volcan quaternaire du Démavand (5680 m) n'est qu'à 70 km de Téhéran. Son activité est certainement liée à la tectonique plio-quaternaire.

Enfin, les séismes, trop nombreux, rappellent la constante évolution tectonique de cette région. L'étude des alluvions de la dépression de Téhéran, puis l'introduction de la géomorphologie apporteront des faits nouveaux qui permettront des hypothèses plus avancées sur la tectonique.

- GEOPHYSIQUE.

Une étude gravimétrique a été effectuée par Sir A. GIBBS dans le cadre d'un inventaire hydraulique de la région de Téhéran (1957). Actuellement (Eté 1966) une campagne de résistivité électrique est en cours (C.G.G. - Iran).

Nous résumons certaines données intéressantes.

La carte gravimétrique au 1/50.000 fait apparaître l'allure du "substratum". Quel substratum, il est difficile de le dire. Des zones de fortes valeurs de l'anomalie résiduelle montrent la présence d'épérons rocheux continuant vers l'Ouest le massif de Dochan Tapeh et celui du Bibicharbanou. Entre ces deux épérons un sillon s'enfonce en direction

de Téhéran (600 m de profondeur au niveau de la gare). La plus grande profondeur se trouve à Yaftabad au Sud de Mehrabad (1100 m).

Une autre dépression passe à Madjidieh et au Sud de l'anticlinal d'Abas-Abad. Les profondeurs sont de l'ordre de 700 m.

Nous supposons que par "substratum" il faut entendre le sommet des roches vertes ou roches volcaniques ou calcaires et dolomies du Sépayeh. Dans ce cas nous pensons que les dépressions doivent contenir une épaisseur assez forte de Miocène.

C'est au niveau de ces dépressions qu'il faut s'attendre aussi à trouver de fortes accumulations d'alluvions anciennes. Mais les plus fortes épaisseurs d'alluvions sont à rechercher au niveau du cône du Kan.

Par contre, à l'amont de la falaise de Kahrizak une étude électrique donne des résistivités très faibles qui pourraient indiquer la présence du Miocène. Ceci s'intègre très bien dans l'hypothèse de la surface d'érosion "anté-B".

* *

*

II.- GEOLOGIE DES FORMATIONS ALLUVIALES DE LA REGION DE TEHERAN.

1.- STRATIGRAPHIE DU PIEMONT DE TEHERAN.

Introduction historique.

Dans une série de notes (28 à 32) RIEBEN a eu le grand mérite de décrire avec clairvoyance les grandes lignes de la stratigraphie des alluvions de Téhéran. RIEBEN a distingué quatre grands ensembles appelés A B C D ; la formation A étant la plus ancienne.

J. DRESCH (66) dans une étude postérieure a voulu modifier cette classification, mais en introduisant des critères morphologiques. RIEBEN a agi en géologue et s'en est tenu à une description stratigraphique : sa classification s'est avérée très satisfaisante à la cartographie. Elle a incontestablement une valeur géologique : dans la mesure où les preuves paléontologiques, sédimentologiques, etc.. manquent, nous avons adopté pour base de notre stratigraphie celle de cet auteur.

Par la suite, l'application de critères géomorphologiques apportera des compléments et des nuances sérieuses sans toutefois modifier les quatre grands ensembles "A B C D".

On trouvera aussi une bonne description des alluvions de Téhéran dans le rapport de Sir A. GIBBS (102).

1.1 - LA FORMATION "A"

1.1.1 - Description.

On appelle ainsi les alluvions les plus anciennes de la région. Elles sont représentées par de fortes épaisseurs de cailloutis roulés d'origine fluviatile.

Les différents cycles d'érosion et les actions tectoniques ne permettent plus de distinguer la morphologie fluviatile originelle. Aussi est-il difficile d'étudier ces al-

lutions si l'on cherche à les localiser par rapport à l'appareil hydrographique initial. Mais une des caractéristiques de ces alluvions est leur homogénéité déjà signalée par RIEBEN.

Cette homogénéité dont il ne faut pas faire une règle absolue, est due à un bon calibrage des galets, à une stratification assez régulière, à une lithologie pauvre en variétés et à une couleur uniforme.

- Zone des Hézardareh.

. Observations morphoscopiques.

D'une façon générale la longueur des galets n'excède pas 10 cm, la largeur moyenne est de 5 cm. Sur une section de 5 km en travers des Hézardareh, nous avons prélevé quatre lots de 100 galets chacun.

Du Nord au Sud, les caractéristiques morphoscopiques varient peu. La longueur des galets à de rares exceptions près, est comprise entre 5 et 10 cm. L'indice d'éroulé est localisé dans les classes 3, 4, 5 de Cailleux, c'est-à-dire plutôt faiblement éroulés. Dans le nuage des points, il semble que l'indice croît au fur et à mesure que l'on s'éloigne des reliefs, mais très faiblement. L'indice d'aplatissement s'étale dans les classes 1, 2, 3 avec dominance des classes 2 et 3. Donc, l'aplatissement est plutôt faible, mais il aurait tendance à augmenter vers le Sud.

. Origine des sédiments.

Nous pouvons formuler les hypothèses suivantes : transversalement, les valeurs sont homogènes. Nous pensons que les apports se faisaient essentiellement depuis l'Est et en direction de l'Ouest. Les alluvions "A" de la région de Téhéran ne sont que la continuation vers l'Ouest d'une grande masse de cailloutis fluviatiles qui a ennoyé la dépression synclinale médiane. Ces alluvions se sont localisées entre l'Elbourz et le môle du Sépayeh. L'agent transporteur pouvant être un cours d'eau dont le Djajeroūd ou le Démavend-Rūd seraient les reliquats. Si l'on accepte que les alluvions sont d'origine fluviatile, cette hypothèse serait légèrement confirmée par le fait que les galets sont "relevants" c'est-à-dire qu'ils plongent de l'aval vers l'amont, l'amont étant dans la direction du N-E.

Après l'étranglement de Talo, les alluvions pouvaient s'étaler dans la plaine de Téhéran en un gigantesque cône de déjection.

Cette disposition a l'avantage d'expliquer en partie l'homogénéité et la localisation des alluvions "A".

. Faciès

Coupe NE-SW le long de la piste de Lachgarak à Téhéran Pars.

Au col de la route de Tadjrich à Lachgarak, qui domine la vallée du Djajeroud, le "A" se présente avec des galets assez hétérogènes; les blocs de 1 m de longueur sont fréquents. Les galets sont noyés dans un sable graveleux peu argileux. Les éléments sont uniquement des "roches vertes" (tufs verts). Les bancs les plus fins sont toujours détritiques avec des graviers de 1 cm de diamètre. Les gros blocs sont disposés en bancs. Ici, l'influence latérale des reliefs s'est superposée à l'apport général.

A 1,5 km du col, toujours des bancs de gros blocs de 1 m, mais le litage est plus marqué. L'alternance des bancs grossiers et des bancs fins est plus régulière. Les éléments les plus fins sont des graviers, il n'y a pas de bancs de sable. Les galets sont très peu altérés et peu ou pas cimentés. Les éléments sont des tufs verts avec des blocs massifs de roches éruptives. A ce niveau, par l'intermédiaire d'une surface d'érosion, les éléments grossiers enrobés de terre argileuse, passent à ces formations argilo-terreuses rougeâtres épaisses de 3 m. Au-dessus, avec un pendage de 50°, reposent les couches de "A" homogène, bien lité, à galets arrondis, tel qu'il est décrit généralement.

. Séquences.

Un kilomètre plus bas, on peut voir des séquences dans les dépôts de "A" (Fig. 21). Une séquence qui a environ 2 m d'épaisseur débute par des éléments fins peu roulés, assez homogènes, contenant quelques galets de dimensions inférieures à 10 cm. Présence de petits lits de sable grossier. La stratification est entrecroisée. Les lits unitaires n'excèdent pas 30 cm d'épaisseur. Vers le sommet, les éléments grossiers sont de plus en plus nombreux volumineux et anguleux. Des blocs de 20 à 30 cm de longueur, sont posés à plat en haut de la série. Une séquence se termine par un lit de terre rouge de 20 à 30 cm d'épaisseur. Ces lits rougeâtres ne sont pas constitués par des argiles pures mais plutôt par des cailloutis très fins. Une pellicule sableuse recouvre souvent le lit rouge.

Les blocs qui reposent sur les bancs détritiques peuvent être noyés dans la terre rouge.

La couche rouge peut manquer dans une séquence; mais les blocs persistent; l'érosion les met en saillie d'une façon dangereuse. Nous n'avons pas remarqué de phénomènes pédologiques particuliers sous les couches rouges.

Exception faite de la croûte superficielle, il n'y a pas d'encroûtement mais un rare ciment de calcite cristallisée, laiteuse fragile, à cavités interstiellles. Ces séquences se suivent sur des centaines de mètres; leur épaisseur est très régulière, entre 1,80 et 2 m.

Dans une même séquence, des séquences secondaires peuvent s'intercaler. Dans ce cas, les couches rouges font généralement défaut. Plus vers le Sud, à 5 km du col environ, les séquences prennent un autre aspect par le développement des couches rouges. Les terres rouges peuvent atteindre 1 m d'épaisseur. Mais les séquences conservent des épaisseurs qui ne dépassent pas 2 m. Sous une couche rouge on trouve toujours une concentration de galets, rarement des blocs, les galets ont une forte patine noire. Ainsi les séquences se transforment progressivement en une alternance plus ou moins régulière de bancs détritiques et de couches rouges.

Au cours de ces descriptions, nous sommes allés des couches les plus anciennes vers les couches les plus jeunes. Donc, dans cette région les couches rougeâtres ne se trouvent pas spécialement à la base de la série des alluvions "A".

- Piémont de Téhéran.

. Faciès.

Si l'on quitte le domaine des Hézardareh, pour aller dans les collines qui forment le Chémiranat, au Nord de Téhéran, les alluvions "A" se présentent sous leur aspect habituel de cailloutis homogène, à galets calibrés de tufs vert pâle, d'aspect savonneux, stratifiés en bancs bien marqués. Des traces noirâtres d'oxyde de manganèse décèlent les anciens écoulements préférentiels. Ici encore, les croûtes et les encroûtements n'impliquent que rarement les formations profondes.

Lorsque l'on va en direction des coeurs des anticlinaux, des faciès terreux brun-clair ou roussâtres à composition de silts argileux ou sableux apparaissent pour former l'essentiel des couches.

De très belles expositions de ces faciès sont visibles dans les collines, en remontant la rivière Darakeh au Nord d'Amirabad, et au coeur des collines d'Abbassabad, où ces couches forment des dépressions topographiques. Nous admettons que ces couches indiquent la base de la formation "A".

. Nature des éléments.

L'homogénéité dans la couleur et dans le calibrage trouve une part d'explication dans la nature même des galets. La quasi totalité des galets proviennent des roches vertes de l'Elbourz (tufs verts). Les galets de roches éruptives sont plus rares et très mal conservés.

Contrairement aux affirmations de J. DRESCH (66) dans la région située au Nord de Téhéran, les galets "du Primaire, du Permien, du Jurassique..." sont quasi-inconnus. Dans les Hézardareh, un lot de 400 galets n'a offert aucun galet étranger aux roches vertes (ou roches éruptives). Toutefois, RIEBEN signale "un faible pourcentage de galets calcaires..." le rapport de S.A GIBBS mentionne aussi "des galets exotiques". Quoiqu'il en soit il faut admettre qu'ils sont en grande minorité. Par contre, dans les affleurements de "A" situés au S-W du Kuh-é-Arath, parmi les galets roulés de roches vertes, on trouve un fort pourcentage de galets quartzitiques rouges du Cambrien (15 %) des roches volcaniques (20 %), des calcaires (5 %) paléo-mésozoïques. Mais nous supposons que ces cailloutis ont une origine différente de celle du "A" de Téhéran (Karadj ? Rud-i-Chour ?).

1.1.2 - Etude des relations entre le Miocène et les alluvions "A". Détermination de l'âge du "A".

Les auteurs qui ont étudié les formations continentales terminales en Iran ont été gênés pour placer une limite entre le Miocène caractérisé et les dépôts suivants. De même il existe de grandes difficultés pour dater ces terrains.

Les preuves paléontologiques font défaut. Les preuves stratigraphiques ne sont pas convaincantes. Aussi ferons-nous appel à des notions morphoclimatiques.

- Les faciès de passage.

Une coupe récapitulative de la région de Lachgarak-Talo montre (Fig. 30) :

- une barre de conglomérats (100 m) très rubéfiés, redressée à la verticale. Elle est attribuée au Miocène supérieur. (11)
- des marnes gréseuses roses et surtout des sables consolidés et des grès, de couleur grise.
- des argiles indurées, des silts sableux et argileux, de rares niveaux conglomératiques, de fins niveaux gypseux. La couleur rose domine.
- les cailloutis gris-vert caractéristique du "A".

- Miocène.

Après l'envoyage par les marnes et les conglomérats rubéfiés du Miocène de dépressions différenciées par la tectonique et l'érosion, vient une période de léger changement climatique qui a favorisé le dépôt de grès de couleur grise. Ces grès gris, prennent une grande extension dans la région de Touchal.

- Pontien.

Ces formations sont encore du Miocène supérieur (11). Puis, sans discordance visible, les silts roses légèrement gypsifères indiquent le retour d'un climat semblable à celui qui régnait au Miocène.

Ces terrains appelés couches de transition par DELLENBACH sont très semblables à ceux que l'on trouve dans les coeurs des anticlinaux du piémont de Téhéran.

Ces couches de transition correspondraient assez bien avec le Pontien chaud et humide, rubéfié, bien décrit en Afrique du Nord où les analogies avec la région étudiée sont frappantes. Dans le SW et l'W de l'Iran les couches de transition entre le "Fars" et le "Bakhtiary" sont attribuées au Pontien (in DELLENBACH). La reconnaissance par RIVIERE d'une machoire de Rhinocéridé pontien, mais dans un niveau non déterminé du piémont de Téhéran, milite dans ce sens.

- Pliocène.

A la fin de ce Pontien le changement de climat fut brutal : les cailloutis gris vert indiquent par leur couleur et leur masse un climat à humidité accrue.

A ce changement radical du climat a dû se superposer une

phase tectonique qui a permis ces fortes accumulations détritiques. Mais cette phase tectonique (post-pontienne ?) si elle se traduit dans le bassin de Touchal par une forte discordance, a dû être très timide et locale car, plus que les discordances c'est le changement de climat qui permet une coupure entre les couches de "transition" et le "A".

Ainsi, nous caractériserons le Pliocène par ce brusque changement de climat par rapport à la période précédente.

RIEBEN a donné le nom de "Formation des Hézardareh" à ces cailloutis pliocènes. Etant donné leur grand développement dans cette région, cette appellation doit être conservée.

1.1.3 - Localisation du Pliocène.

Le Pliocène forme les plus hautes collines du piémont de Téhéran. Il est très épais et recouvre une grande surface dans les Hézardareh au N-E de Téhéran. On le trouve à l'affleurement dans les collines de : Shyan-Lavesan, Qeytarieh, Elayeh, Armanieh, Abbas-abad, Yussefabad, Amirabad, à l'Est de Baghé-Feyz et le long du pied de l'Elbourz à Darakeh, Farahzad, Hézarak, Kan.

En dehors du piémont proprement dit, les affleurements de Pliocène sont très réduits : dans le Sud de la zone cartographiée on trouve les alluvions "A" au S-W du Kouh-é-Arath où les galets sont noyés dans une matrice silteuse qui devient de plus en plus abondante vers la base pour s'assimiler ensuite au Miocène. On retrouve le Pliocène bien caractérisé dans la structure anticlinale de Nazarabad où il recouvre en discordance le Miocène et les laves éocènes.

Nous verrons plus loin que les grandes étendues de cailloutis roulés, qui recouvrent les entablements miocènes au Sud de la plaine de Téhéran ne sont pas classées par nous dans le Pliocène.

1.1.4 - Existence possible du Villafranchien (q1)

Lorsque l'on étudie le chevauchement de l'Elbourz sur le piémont de Téhéran, on est frappé par le fait que bien souvent les "roches vertes" surmontent non pas les cailloutis caractéristiques de "A" mais des formations terreuses rouges.

- Faciès et localisation.

Ce sont des masses terreuses, rouges, d'aspect uniforme, à rares galets épars non classés, rarement litées, contenant des débris anguleux et des blocs éclatés (rive gauche du Kan dans la tranchée de la nouvelle route) (Fig. 33).

A Moradabad (Nord de Pounak) les terres rouges contiennent de petits éléments anguleux de roches vertes, de longueur inférieure à 5 cm faiblement lités. Le pendage est de 35° vers le Sud (fig. 35).

Dans la vallée située à l'W de celle de Darakeh, les roches vertes sont en contact par faille redressée avec les mêmes formations rouges.

Les "Klippes" de Schadabad au N-E de Téhéran, reposent aussi sur des terres rouges argilo-détritiques. A première vue elles ressemblent à des éboulis de bas de pente.

- Hypothèses sur l'âge.

On pourrait ainsi en faire un faciès du "A" localisé le long des reliefs. A l'Ouest de notre région ces terres rouges sont interstratifiées dans des cailloutis de "A". Mais nous avons vu que des bancs de terres rouges s'intercalent dans les séquences des Hézardareh.

Apparemment le dépôt d'éboulis riches en matières fines laisse supposer un climat suffisamment humide pour permettre le développement de masses terreuses abondantes; une période d'érosion remplace une longue période d'accumulation. L'érosion des cailloutis pliocènes aurait commencé pendant cette période. Mais une phase tectonique très marquée a interrompu cette évolution des reliefs. C'est ici que se placerait la phase tectonique qui a déformé les alluvions pliocènes et qui a provoqué le "chevauchement" de l'Elbourz.

Par là, nous entrevoyons l'existence d'une période villafranchienne caractérisée par un nouveau climat et par des modifications dans le cycle érosion-sédimentation. La phase tectonique post-pliocène serait en fait post-villafranchienne. Mais de telles conclusions font appel à un raisonnement basé plus sur les hypothèses que sur les faits.

Légende de la figure 20 - PROFIL DES TERRES ROUGES DES HEZARDAREH, COUPE
ROUTE DE LACHGARAH, DANS LE COL

- 1 : Sol gris, peu humique, avec graviers de concentration ; nombreuses racines.
- 2 : Argile rouge compacte, rare cailloutis, anguleux de quelques cm ; débit prismatique, quelques lits de galets anguleux. Longues racines.
- 3 : Argile rouge de plus en plus claire vers le bas, avec poupées calcaires farineuses friables noyées dans la masse argileuse, quelques blocs volumineux vers la base.
- 4 : Assise bien marquée de calcaire friable blanc-crème, légèrement rosé ; calcaire pulvérulent sec ; banc clair dans la topographie ; cailloutis abondant mais très altéré ; nombreux fantômes de galets verts. Structure poreuse.
- 5 : Alluvions "A" classiques.

Légende de la figure 21 - SEQUENCES SEDIMENTAIRES DANS LES ALLUVIONS "A"
DES HEZARDAREH.

- 1 : Sol rouge.
- 2 : Croûte calcaire pulvérulente.
- 3 : Séquence sédimentaire présentant à la base des cailloutis roulés, assez homogènes, à diamètre inférieur à 10 cm ; stratification entrecroisée ; galets de plus en plus gros vers le sommet ; l'émoussé diminue vers le haut de la séquence ; couleur d'ensemble gris vert.
- 4 : Sommet d'une séquence : banc rouge de cailloutis très fins.

Légende de la figure 22 - ALLUVIONS ENCROUTEES A L'EST DE SCHORKH-HEZAR
(200 m avant le col de la route d'Abali)

- 1 : Sol rouge.
- 2 : Croûte calcaire blanc-rose, très friable, nombreux galets épars, mais élément terreux domine.
- 3 : Terre argileuse rougeâtre à petit gravier vert bien roulé, nodules calcaires farineux, peu développés.
- 4 : Croûte calcaire rose-saumon, poreuse, friable ; peu de galets, blocs de 40 cm vers la base.
- 5 : Assise de gros blocs.
- 6 : Alluvions "A" encroûtés par un ciment rose onctueux au toucher.
- 7 : "A" normal, non cimenté à matrice sableuse.

Légende de la figure 23 - ALLUVIONS ENCROUTEES, ROUTE D'AB'ALI A 3,5 km
AVANT SCHORKH-HEZAR

- 1 : Cailloutis assez fin, rougeâtre, argileux, à inclusions calcaires blanches farineuses ; pas d'horizon d'accumulation (alluvions "C").
- 2 : Alluvions grossières rouges, galets de calcaire mésozoïque, peu de roches vertes, partie fine réduite donnant la couleur rouge. Gypse pulvérulent.
- 3 : Même éléments, mais encroûtés de calcaire.

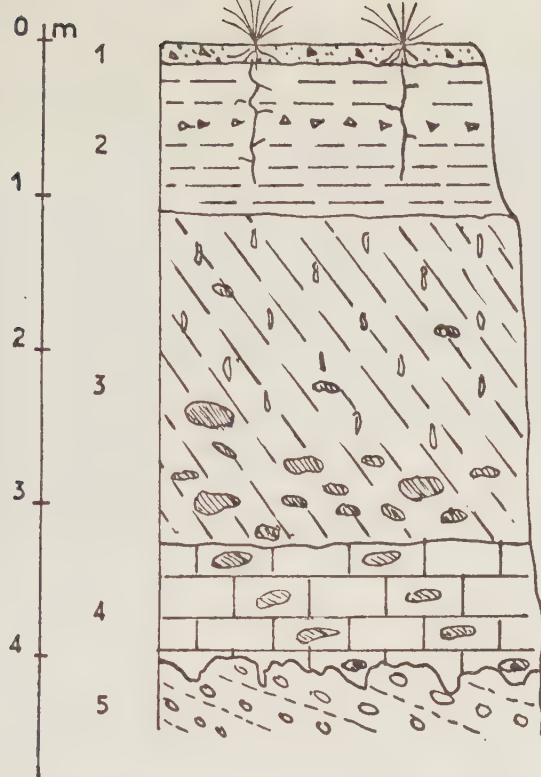


fig.20



fig.21

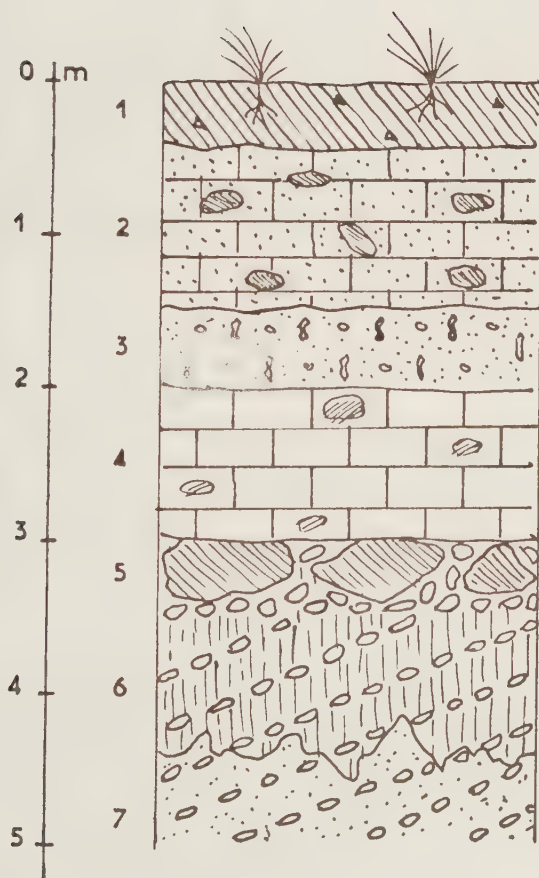


fig.22

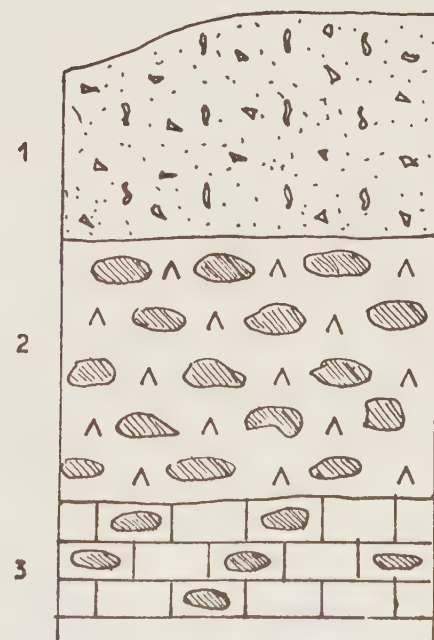
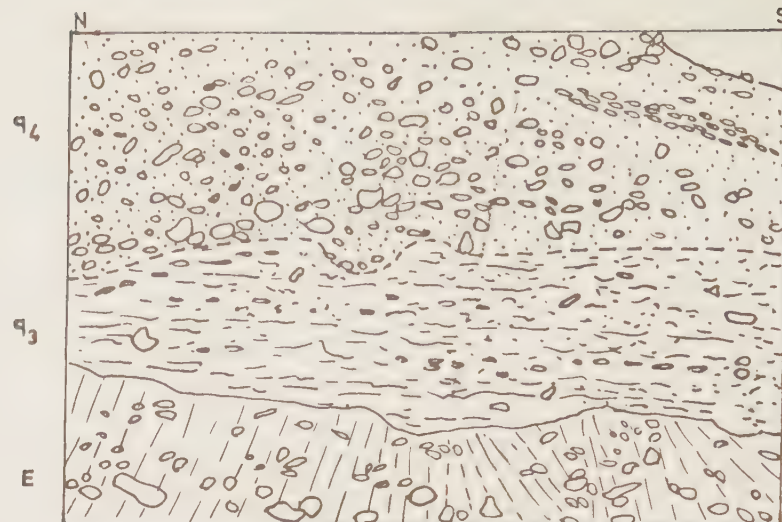


fig.23

fig.24 Vallée du Kan



Relations entre les différentes alluvions.

fig.25 Avenue Pahlavi

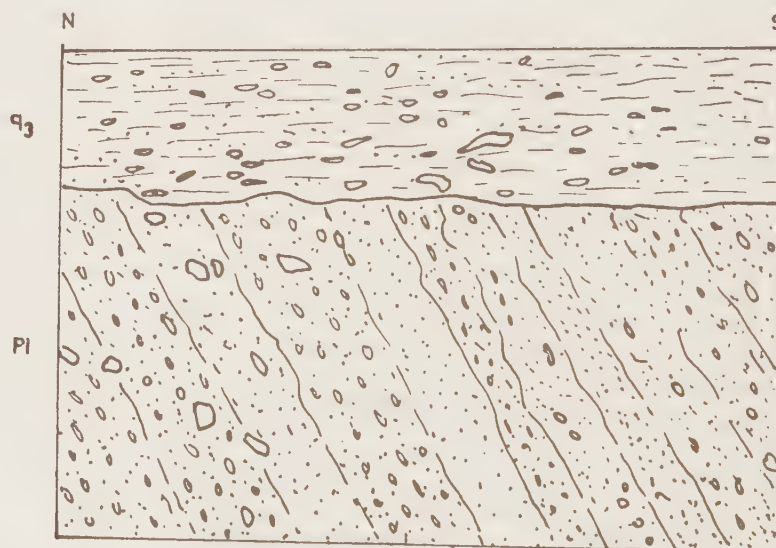
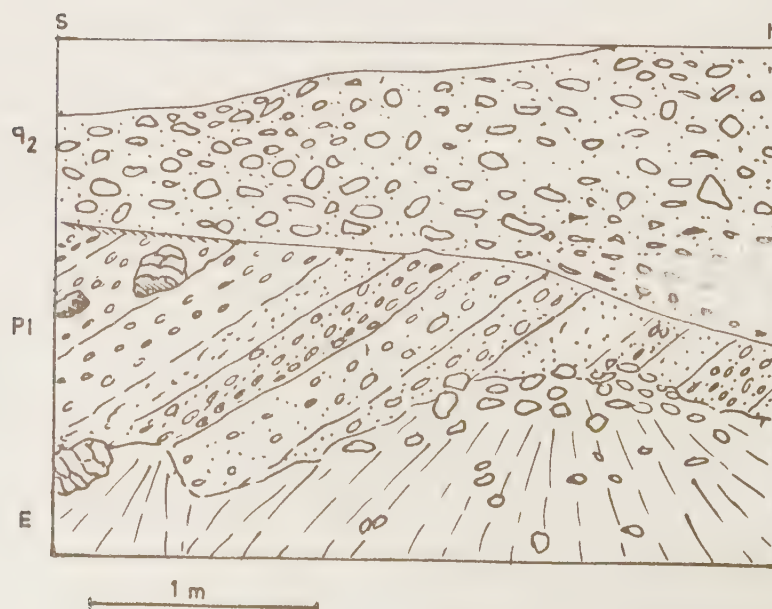


fig.26 Amir-Abad



1.2 - LA FORMATION "B" (q2)

Comme pour les alluvions "A", il est difficile de distinguer la morphologie de l'appareil hydrographique qui est à l'origine des dépôts "B".

1.2.1 - Caractères généraux.

Ces alluvions ont des caractères communs. Elles sont disposées en lits plus ou moins marqués, d'épaisseurs variables en position horizontale en général.

Suivant l'importance des pendages des alluvions "A", une discordance très prononcée peut exister entre le "A" et le "B" (Fig. 26, 28, 36).

La couleur, en coupe, rappelle beaucoup celle des cailloutis "A". Ceci n'a rien d'étonnant car les galets proviennent des "roches vertes", les galets exotiques sont encore plus rares que dans le "A".

En surface, les affleurements de "B" prennent une coloration brunâtre ou rousse qui est due à la présence d'un matériel fin terreux. Leur homogénéité est telle que RIEBEN les appelle "formation intermédiaire hétérogène".

1.2.2 - Faciès.

Près des reliefs et le long des anciens cours d'eau présumés, des blocs de calibre très divers, parfois énormes, non triés lités ou non, reposent dans une gangue terreuse rousse, ou sur des lits de graviers, de sables et de galets roulés.

Mais le "B" se présente souvent avec des galets bien roulés, disposés en bancs réguliers, qui se confondent aisément avec les couches "A". Vers l'aval cette ressemblance s'accroît avec l'amenuisement et la régularisation du calibre. De plus les pendages du "A" sont faibles vers l'aval, ce qui accentue la confusion. Les traces noires d'oxyde de manganèse sont plus nombreuses que dans les alluvions "A". Les bancs silteux brunâtres peuvent être importants comme ceux qui sont visibles dans la tranchée de la route de Chémiran, au Nord de la station de télévision.

Une très belle coupe située au Nord de Lavesan, dans la falaise taillée par la rivière de Schadabad montre une répétition de sols rouges fossiles recouvrant des horizons d'accumulation calcaire.

Sur la route d'Ab-Ali, après Schork-Hézar, les alluvions "B" ont remanié les galets et les grès des conglomérats des couches rouges du Sénonien. Par suite la couleur rouge est due au remaniement de dépôts antérieurs et non pas à une action pédologique secondaire. Ces galets dont le diamètre varie de 0 à 50 cm ($\emptyset$ moyen 13 cm) ne sont pas classés, et sont cimentés solidement par un liant calcaro-gréseux. Présence de quelques galets verts qui proviennent du remaniement du "A" sous-jacent. Le passage du "A" au "B" se fait par l'intermédiaire d'une surface d'érosion très marquée. La différence de couleur accuse la discordance. Signalons la présence d'une autre surface d'érosion au sein de la poche d'alluvions "B" (Fig. 28).

1.2.3 - Croûtes en encroûtements

Mise à part l'hétérogénéité qui n'est pas un caractère très constant, il faut insister sur les croûtes et les encroûtements. Si les alluvions pliocènes ne sont pas ou presque pas encroûtées, les couches "B" sont très souvent cimentées par des dépôts de calcaire rose-saumon (surtout en présence de limons), très durs ou par des croûtes lamelleuses calcaires, blanchâtres ou rosées, moins dures ou par un ciment calcaro-gréseux gris, très dur. Ces croûtes et encroûtements sont surtout développés en surface; mais il faut insister sur le fait que les couches profondes sont très fréquemment encroûtées.

Les encroûtements de surface, parfois très épais, sont faits de calcaire blanchâtre pulvérulent. De remarquables entablements de conglomérats encroûtés sont visibles le long de la route Pahlavi et dans les falaises de Lavesan. Localement et surtout en surface, les croûtes sont gypseuses. Ce ciment est très friable, blanc, composé d'aiguilles de gypse aciculaire qui polarisent les galets. Les colonnettes de gypse qui tapissent les cavités entre les galets sont suspendues à la surface inférieure de ces galets. Généralement la croûte gypseuse surmonte une croûte calcaire. On trouve ces croûtes gypseuses dans les alluvions de la route d'Ab-Ali, près de Schork-Hézar (Fig. 23) et surtout autour des collines volcaniques du Sud.

1.2.4 - Existence de "B" hors du piémont.

Dans le massif de l'Anti-Elbourz, des terrasses très encroûtées par un ciment calcaire de couleur crème sont rattachées aux alluvions "B" (notation q2t).

Ces terrasses sont bien développées autour de Qars-é-Firouzeh, et au Sud de Tambakoui, et au Sud de Turkman-Deh (Fig. 41). Leur hauteur est très variable mais ne semble pas dépasser 12 à 15 m. Nous plaçons dans le "B" les cailloutis qui courent les buttes miocènes du Sud de la plaine (Fig. 47). Nous dirons pourquoi dans le chapitre "Géomorphologie".

1.2.5 - Extension du "B" vers l'aval du piémont.

RIEBEN fait de la falaise de Kahrizak, l'extension limite vers le Sud du faciès limoneux du "B". La plaine est formée par de fortes accumulations de limons où il est mal aisé de distinguer des divisions.

Dans l'ensemble les limons sont encroûtés par plusieurs croûtes superposées. Ces croûtes se retrouvent dans toute la plaine limoneuse aussi bien au-dessus qu'au-dessous de la falaise de Kahrizak. Mais les croûtes et la rupture de pente de la falaise ne sont pas des critères suffisants pour établir des limites stratigraphiques. RIEBEN arrête le "B" à la falaise de Kahrizak uniquement parce qu'il existe un ressaut topographique. Cet auteur arrête la formation "C" à la falaise de Chahr-Rey pour la même raison.

Les ressauts de la plaine de Téhéran ne sont pas des limites de formations mais celles de glacis emboîtés dans la même formation (Chapitre Géomorphologie).

Ainsi la plus grande partie des limons de la plaine appartient à la formation "B", ce qui n'exclut pas un recouvrement par des limons plus récents.

1.2.6 - Origine des sédiments.

Dans le piémont s.s. il est fort probable que les alluvions "B" envoyaient la quasi totalité des dépôts pliocènes; seules les crêtes des Hézardareh et les sommets de quelques collines comme celles situées au Nord d'Amirabad devaient émerger de ce piémont ancien.

La granulométrie décroissante du Nord vers le Sud, ainsi que le fait que les Hézardareh émergeaient de l'ennoisement "B" font penser que la source de ces sédiments est la face Sud du Mont Tauchal.

1.2.7 - Appellation du "B".

RIEBEN appelle les alluvions "B" sous le nom de "formation de Kahrizak". Pour les raisons entrevues ci-dessus et étant donné qu'il est difficile de prouver que le matériau de la falaise de Kahrizak est vraiment l'équivalent latéral des alluvions hétérogènes du piémont, cette appellation sans être incorrecte, ne nous paraît pas très représentative. Il serait préférable de choisir parmi les localités du piémont un site tel que celui de la route Pahlavi ou celui de Lavesan. Pour des raisons protocolaires, le second terme pourrait être retenu.

1.3 - LES ALLUVIONS "C".

1.3.1 - Caractères généraux.

Avec ces alluvions, nous arrivons à des périodes géologiques proches de nous. Leur destruction par l'érosion ne fait que commencer. Ces alluvions, à quelques retouches près, ont conservé leur morphologie originale. Les appareils fluviatiles sont bien reconnaissables. Aussi pourrions-nous étudier les caractères de ces alluvions avec plus de discernement.

Ce sont des dépôts fluviatiles de piémont. Ils ne sont pas tectonisés, leurs pendages sont ceux des dépôts normaux (0 à 30° pour les éboulis). Ils reposent indifféremment sur les alluvions "A" ou "B" par l'intermédiaire de surfaces d'érosion. (Fig. 25).

1.3.2 - Localisation.

Il est très facile de localiser les dépôts "C" : dans le piémont s.s. ils représentent toutes les surfaces d'épandages qui ne sont pas sous forme de collines (exception faite des lits et des épandages actuels).

1.3.3 - Faciès.

Là où il existe ou existait le lit d'un oued, ainsi qu'à l'emplacement des cônes de déjection, la granulométrie des galets offre les éléments les plus grossiers, avec une décroissance de l'amont vers l'aval. Les faciès changent aussi latéralement.

Dans les interfluves et dans les angles morts situés entre les apex de deux cônes voisins, les dépôts sont plus fins, peut-être plus hétérogènes car ils correspondent aux zones de débordement: ils sont composés par une alternance plus ou moins régulière de bancs de galets, rarement propres, et de lits de boues indurées ou friables, avec des passées graveleuses ou sableuses. Si ces surfaces restent longtemps sans être inondées, ou si l'oued a migré sur son cône, des sols peuvent se développer et en se fossilisant, donner des terres rouges présentant des phénomènes pédologiques comme les encroûtements.

En dehors des appareils fluviatiles, les terres rouges renferment des cailloutis anguleux peu ou pas lités, parfois légèrement encroûtés par du calcaire ou par du gypse (près du poste de gendarmerie sur la route de Lachgarak). Ces dépôts anguleux remontent le long des pentes du pied de l'Elbourz.

1.3.4 - Nature des galets.

A part un éventuel remaniement de galets exotiques du "A", il est pratiquement impossible de trouver dans les alluvions "C" des galets autres que les roches vertes (sauf sur le pourtour de l'Anti-Elbourz).

1.3.5 - Le "C" à l'aval du Piémont (q3LP)

Les dépôts "C" sont représentés par des limons sableux, avec de minces lits de graviers et des alignements de petits galets à l'emplacement des anciens chenaux d'écoulements. Les briquetteries du Sud de la ville exploitent aussi bien les limons "B" et "C", toutefois les limons "C" sont moins encroûtés et plus activement recherchés, d'autant plus qu'ils se trouvent à une plus faible profondeur.

Au Sud de la ville les limons "C" peuvent atteindre une épaisseur de 15 à 20 m. Puis avec une épaisseur variable mais certainement faible par rapport aux limons "B", leurs dépôts recouvrent la quasi-totalité de la plaine de Téhéran, bien au-delà du ressaut topographique de Chahr-Rey.

Ils s'amenuisent pour laisser affleurer les limons encroûtés "B" tout le long de la falaise de Kahrizak, et celle de Chahr-Rey; mais ils supportent les cultures et remplissent la plaine de Kahrizak. Comme on peut le voir sur la carte ces limons (q3LP = limon de plaine) occupent une vaste aire.

Les cônes d'éboulis et d'alluvions sèches, ainsi que les pavages des piémonts qui ceinturent le massif de l'Anti-Elbourz et les inselbergs du Sud, sont probablement de l'âge "C".

1.3.6 - Appellation.

Les alluvions "C" sont appelées par RIEBEN "formation de Téhéran". Ce nom est acceptable dans la mesure où l'on ne dit pas que toute la ville est construite sur les alluvions "C", ce qui n'est pas toujours le cas.

1.4 - LES ALLUVIONS "D".

Les alluvions "D" sont les formations les plus récentes de la région de Téhéran. Leur étude est grandement facilitée car les modalités de leur dépôt font partie des causes actuelles. Leur origine, l'agent transporteur et le climat sont autant de facteurs connus.

1.4.1 - Localisation.

Ces alluvions torrentielles sont localisées dans les lits et sur les aires d'épandages des cours d'eau fonctionnant actuellement. La localisation est d'autant facilitée que les lits sont très souvent encaissés. De même les cônes de déjection actuels sont emboîtés assez nettement dans les dépôts plus anciens, et se superposent sans toutefois se confondre, avec les cônes d'alluvions "C". Aussi, contrairement à ce que l'on a pu dire, il est assez aisé de les différencier.

Les dépôts se mêlent à la limite du piémont, là où les alluvions actuelles s'amenuisent et disparaissent sans pouvoir recouvrir complètement les formations précédentes.

Sur la carte géologique, le tracé de ces alluvions fait apparaître une série de cônes de déjection coalescents qui forment une bande continue en bordure du piémont détritique et qui recouvrent les quartiers du Nord de la ville. Ces terrains sont actuellement recouverts en grande partie par les habitations. Le détournement des cours

d'eau a permis le développement rapide d'une couche terreuse qui tend à camoufler le "D" en alluvions "C".

A part les cônes de déjection du Nord de la ville, les dépôts "D" sont mal représentés : les éboulis actuels sont très réduits, le piémont de l'Anti-Elbourz, trop souvent sec, ne possède que des placages réduits.

1.4.2 - Faciès.

Les alluvions "D" se présentent sous la forme d'amas de galets arrondis de taille très variable, de couleur claire et lavés de matériel fin. Des blocs volumineux encombrant les lits des oueds dans leur cours montagneux ainsi qu'à la sortie des reliefs. Etant souvent encaissés, les lits sont occupés sur toute la largeur par les alluvions grossières.

Dans les zones convexes des méandres et sur le lit majeur, des dépôts plus fins et plus variés se mêlent avec les galets. Le manque d'éléments fins ne permet pas une végétation suivie; seules quelques touffes d'herbes et de rares arbrisseaux poussent sur les banquettes d'inondation.

La couleur dominante est le gris-vert très clair qui tire sur le blanc après une sécheresse prolongée et une longue exposition au soleil.

1.4.3 - Nature des galets.

Les apports de l'Elbourz sont uniquement des galets de "roches vertes". Mais l'érosion des berges et les entailles profondes dans les formations anciennes, peuvent fournir des galets exotiques.

1.4.4 - Epaisseur.

Il est faux de dire que les alluvions "D" sont plus épaisses immédiatement au pied de l'Elbourz (102). Le creusement qui sévit à l'amont du piémont ne permet pas une accumulation de galets sur une épaisseur notable. Ces galets sont entraînés vers l'aval et s'accumulent sur les cônes de déjection.

Le tonnage de galets transportés actuellement est très faible par rapport aux accumulations antérieures. Le "D" correspond à une phase morpho-climatique qui est très récente.

1.4.5 - Le "D" dans la plaine limoneuse.

Les épandages limoneux actuels sont très limités en extension et en épaisseur; ils se réduisent à des placages à proximité immédiate des fins de cône et le long des maigres filets d'eau qui parcourent la plaine.

Les limons étalés dans la plaine avant la création de la ville, ne sont plus reconnaissables car ils sont mêlés avec les limons antérieurs par les travaux de labour.

On peut rattacher aux limons récents, des limons gris peu développés et non cartographiables; les limons jaunes des environs de Chahr Rey contiennent des débris de briques et de poteries que l'on trouve parfois sur plusieurs mètres d'épaisseur dans les puits des kanats. Mais étant donné l'ancienneté du site de Chahr Rey (V^e millénaire) et le remaniement constant de grandes masses de limons utilisés pour la construction, la datation de ces dépôts est délicate. Nous avons distingué dans la mesure où c'est possible les alluvions récentes "non fonctionnelles" (q4a) des alluvions "fonctionnelles" (q4b).

Au cours de l'étude géomorphologique nous compléterons cette description des alluvions et essayerons de les situer dans l'échelle des temps.

* *

*

2.- TECTONIQUE DES ALLUVIONS DE TEHERAN.

Le piémont de Téhéran est tectonisé. Nous devons louer RIEBEN pour ses études sur la structure des alluvions de Téhéran.

Nous porterons l'accent sur le style tectonique général et les relations entre la tectonique du piémont et celle des bordures.

Légende de la figure 27 - DETAIL DE LA STRUCTURE DES ALLUVIONS PLIOCENES
(Hézardeh, route d'Ab-Ali)

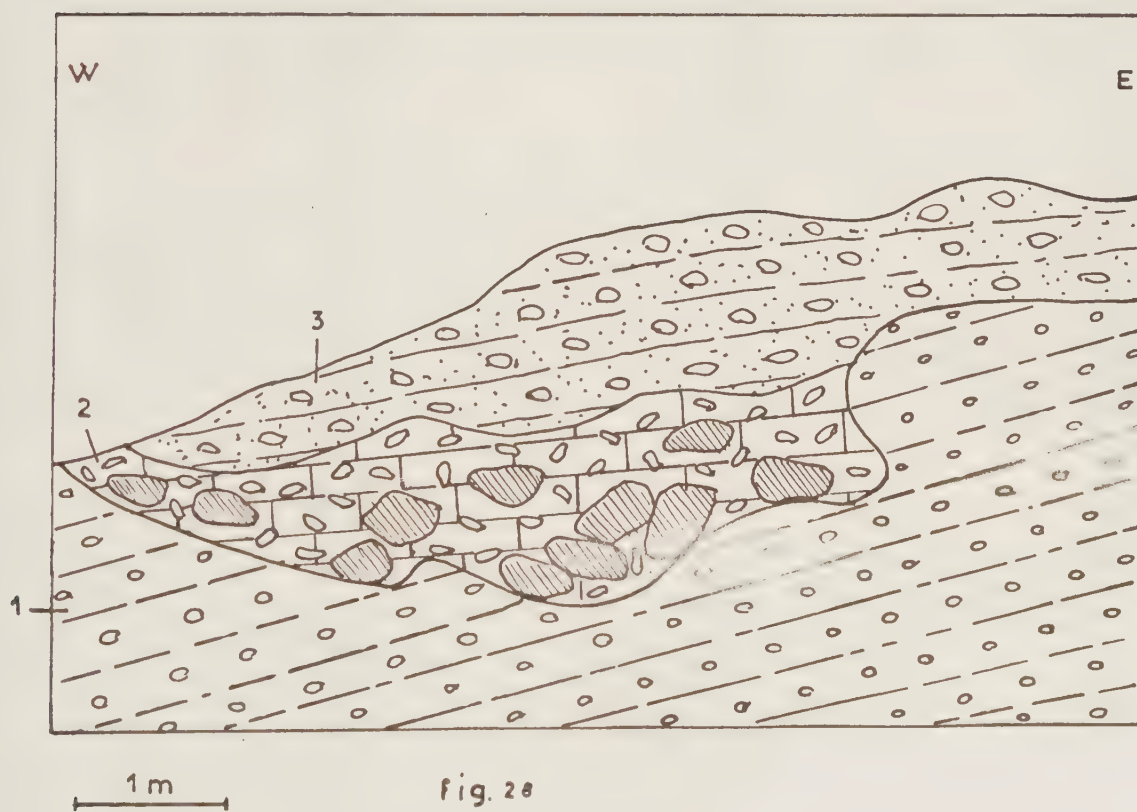
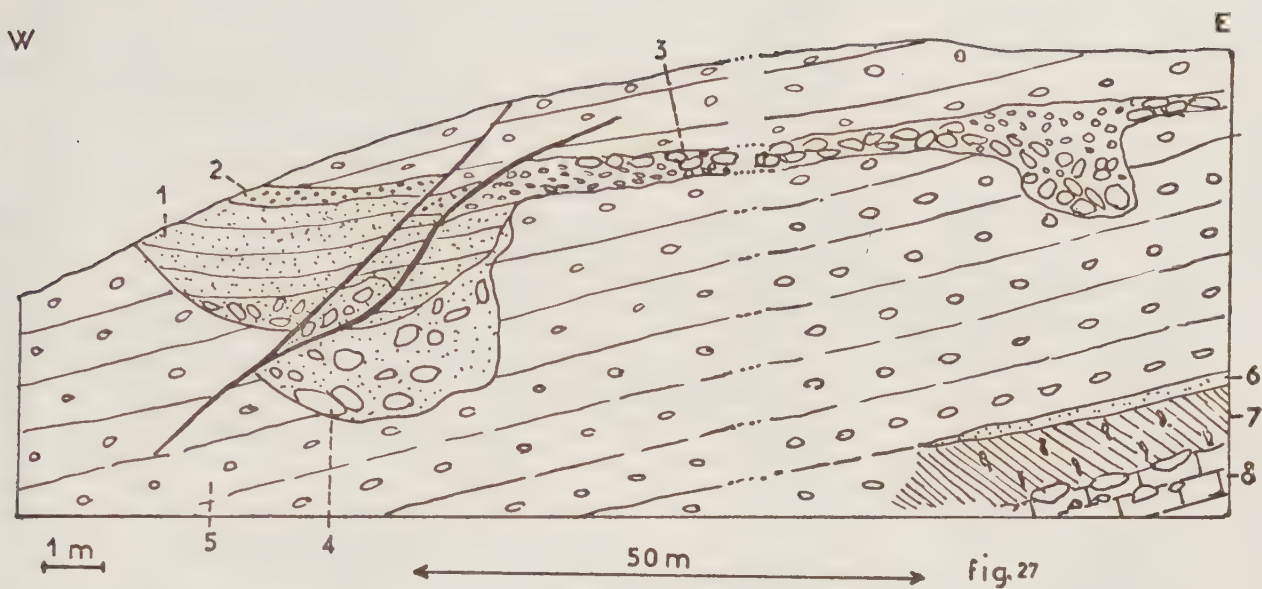
- 1 : Alternance de sable et de sable argileux.
- 2 : Gravier fin.
- 3 : Banc de gros galets passant latéralement à des graviers grossiers.
- 4 : Poche alluviale à gros blocs roulés (50 cm).
- 5 : Alluvions "A" classiques, homogènes, bien stratifiées, à petits galets verts ovoïdes.
- 6 : Sable très fin, jaune.
- 7 : Sol rouge moucheté de calcaire farineux.
- 8 : Alluvions "A" encroûtées de calcaire.

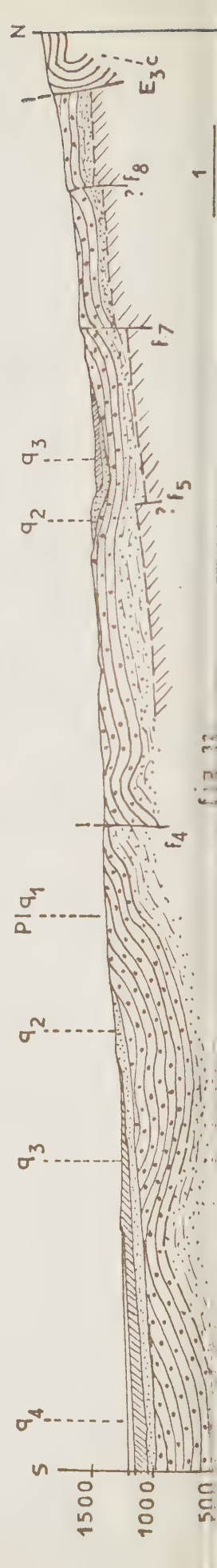
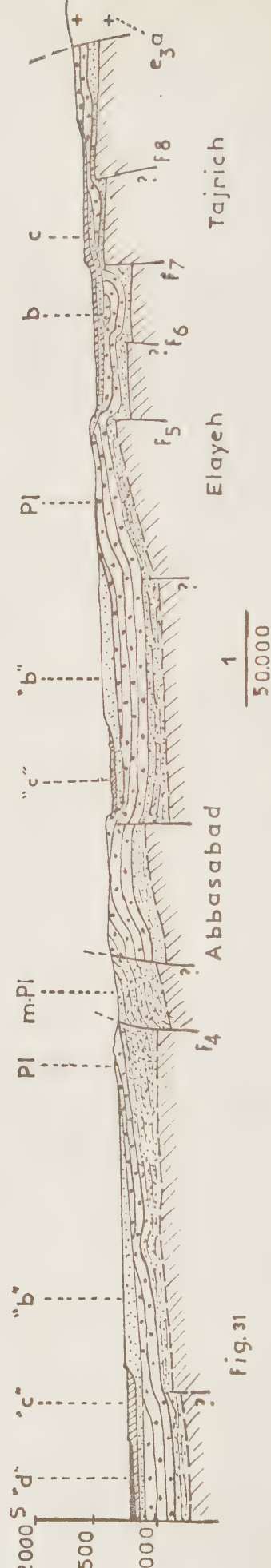
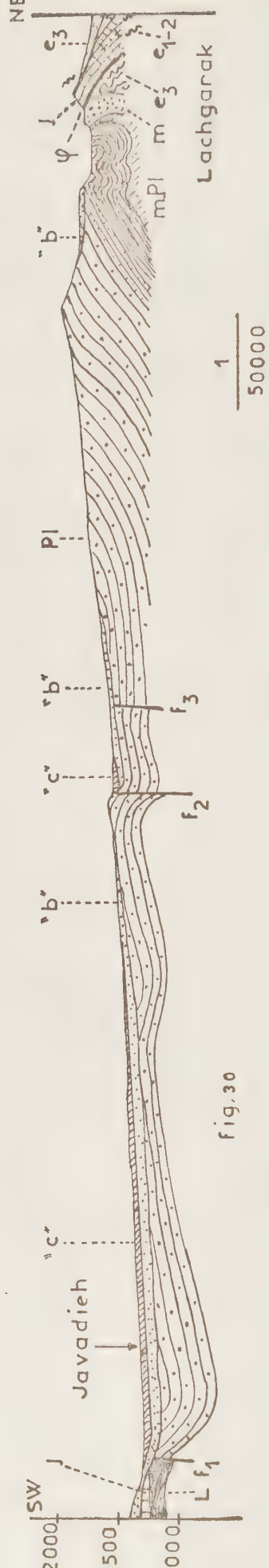
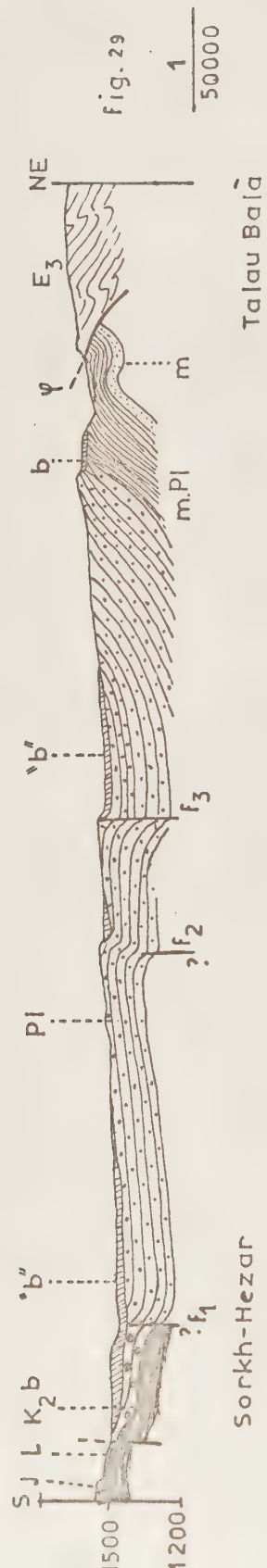
Des failles de tassement ont disloqué la poche alluviale incluse dans les alluvions "A".

Légende de la figure 28 - POCHE D'ALLUVIONS "B" REPOSANT SUR DES ALLUVIONS "A"

- 1 : Alluvions "A" homogènes, à galets verts ovoïdes, bien stratifiées.
- 2 : Conglomérat rouge remaniant des galets du Crétacé supérieur (K2b), à ciment calcaro-gréseux. Hétérogène ; stratification quasi-nulle ; gros blocs (50 cm). Rares galets de roches vertes. Longueur moyenne des galets : 13 cm.
- 3 : Alluvions à stratification apparente, pas de blocs, éléments plus fins, à ciment friable, couleur rouge dominante.

Cette coupe montre que les alluvions "B" pourraient être sous-divisées.





2.1 - LE STYLE TECTONIQUE.

2.1.1 - Généralités.

La jeunesse des phénomènes étudiés, ainsi que des actions morphoclimatiques favorables, rendent aisée l'étude des structures. Invariablement, les axes structuraux correspondent avec des alignements topographiques : un anticlinal se cache dans chaque rangée de collines et les axes synclinaux se localisent dans les dépressions. La structure du piémont se dégage au cours de l'analyse des pendages qui affectent les alluvions pliocènes.

2.1.2 - Les directions structurales.

RIEBEN a distingué un nombre assez important d'anticlinaux, mais à la lecture de la carte certaines simplifications sont possibles. Superficiellement, une virgation s'observe dans les directions structurales. D'une façon générale, les alignements du piémont se parallélisent avec les reliefs de bordure les plus influents : vers l'Est la structure instable du Latyan a imposé sa direction aux Hézardareh.

Par contre, les régions centrales et Ouest du piémont se parallélisent avec la bordure du Tauchal. Cette virgation s'effectue assez brusquement au niveau d'un axe N-S passant à l'Est de Dézachoub et par Zarabkhaneh. D'ailleurs, des failles parcourent le piémont dans ces deux directions. Ces failles se poursuivent dans les reliefs de bordure, mettant ainsi en évidence, les relations entre la tectonique du substratum et celle des alluvions. Cette divergence dans les directions tectoniques n'excède pas 40°. (Fig. 38).

2.1.3 - Le style tectonique.

Le parallélisme entre les axes structuraux et les accidents nous suggère une étroite dépendance entre la tectonique cassante du substratum et celle plus souple des alluvions.

Nous avons déjà formulé des hypothèses sur ce sujet : les anticlinaux et les synclinaux qui affectent les alluvions du piémont de Téhéran, se moulent sur des compartiments surélevés ou effondrés du substratum affecté par une tectonique cassante du style "en touches de piano". Une tectonique souple de "couverture" se superpose à une tectonique cassante de "socle". Dans cette optique, à un

axe anticlinal doit correspondre en profondeur un accident. Ces déductions se confirment lors de l'étude de la forme et de la répartition des plis.

Ces accidents cassants doivent être semblables à ceux qui affectent la partie Sud de l'Anti-Elbourz, ainsi que les reliefs volcaniques du Sud, ce sont des failles rectilignes très redressées ou verticales, parallèles entre elles, n'exigeant pas une direction dominante dans les forces tectoniques.

La dissymétrie des plis en contradiction apparente avec les directions tectoniques majeures de l'Elbourz, peut s'expliquer par de simples décalages accompagnés de basculements, dans la continuité du substratum.

L'hypothèse du morcellement du substratum convient mieux au style général de la région qu'une série de replis assez serrés, mécaniquement incompatibles avec un matériau rigide tectonisé sous une faible épaisseur de sédiments.

2.2 - LES PRINCIPALES STRUCTURES.

2.2.1 - Zone des Hézardareh. (Fig. 29 et 30)

- Anticlinal des Hézardareh

On appelle ainsi la région située au N-E de Téhéran entre Lachgarak au Nord et Schorkh-Hézar au Sud.

Structuralement cette région est axée sur les monts du Latyan. Les directions tectoniques sont donc NW-SE. Dans l'ensemble les Hézardareh représentent le flanc SW d'un vaste anticlinal dont le coeur est la structure du Latyan (axe 1 de l'esquisse tectonique).

Les pendages au contact des couches pontico-miocènes sont très forts : 80° SW à Talo-Bala ; 65° SW vers Lachgarak. Puis les pendages s'adoucissent progressivement en direction du S-W. Le long des routes de Schadabad à Lachgarak et de Schorkh-Hézar à Talo-Bala, on peut voir l'affaiblissement régulier de ces pendages : leur valeur ne dépasse guère 20 à 30° dans la dépression qui part de Schadabad (Maison de Thé d'Aliabad) et qui passe au Sud de Talo-Païn.

Dans le détail, des replis existent, ils sont souvent associés à des failles de faible importance; les plus visibles sont dans les environs de Souhanak, des anomalies de pendages décèlent au moins deux replis synclinaux d'importance secondaire.

- L'accident de Dalendrazeh

La dépression qui passe au Sud de Talo-Païn se relève vers le S-E entre la route de Talo et celle d'Ab-Ali; ce relèvement remet les couches pliocènes à l'affleurement, un ressaut dans la topographie localise un anticlinal dissymétrique limité sur son flanc N-E par une faille importante (axe 2).

La faille qui a créé la dénivelée est soulignée par un chemin. La faille et l'anticlinal s'envoient rapidement vers le N-W mais se voient très bien sur la route de Talo : près de la faille, les pendages sont de 30 à 50° vers le S-E, la suite de ces accidents se retrouve très nettement sur la route d'Ab-Ali dans le col de Dalendrazeh. Le sommet de l'anticlinal est assez plat. (40° NE et 20 à 30° SW). L'axe de l'anticlinal ne coïncide pas exactement avec le tracé de la faille.

Cette faille qui vient de très loin (elle est signalée à l'usine de ciment de Baghkoumis) est cachée par les dépôts récents vers le N-W, mais il est fort probable qu'elle soit en relation étroite avec la grande faille de même direction qui parcourt l'Elbourz (au NW de Tadjrich).

- Anticlinal de Madjidabad - Qasemabad - Schyan.

Au SW de la dépression de Schadabad-Talo-Païn, un nouvel alignement de collines indique un anticlinal toujours parallèle à la direction des Hézardareh (NW-SE) (axe 3).

Alors que l'alignement des Hézardareh se prolonge vers le NW jusqu'à l'Hôpital de Schadabad, ce troisième repli qui commence au Nord de Schorkh Hézar (extrémité S-E), qui se continue par les collines de Madjidabad, Qasemabad (au N de Téhéran-Pars) (axe 4) puis caché sous des formations plus récentes, par les élévations de Schyan et Rostamabad (axe 5) se dévie au niveau de Chizar pour prendre l'autre direction tectonique (W-E) (axe 6). A part quelques échancrures dues à l'érosion, cet alignement se suit très bien. Entre la route d'Ab-Ali et celle de Talo, les pendages du flanc N-E sont de 50° ;

le flanc SW est plus doux : 30° près de la charnière anticlinale, 10° au N de Schorkh-Hézar. Vers le N-E, la reprise synclinale se fait avec des pendages faibles (20°).

Dans les collines de Madjidabad et de Qassemabad, l'anticlinal est encore plus marqué : sur l'extrême limite Nord, les couches sont redressées à la verticale (80 à 90°) puis passent à 60° NE rapidement on passe sur le flanc S-W de l'anticlinal, avec des pendages de l'ordre de 50° SW.

Vers Rostamabad jusqu'à Chizar, l'anticlinal se devine plus qu'il ne se voit, car il est recouvert par des alluvions récentes.

- Les collines de Schyan Lavesan.

Les collines situées au Sud de Schyan et à l'Est de Lavesan sont formées de Pliocène; les bancs sont alignés W-E et ont des pendages très redressés (70 à 90°) si bien qu'il est mal aisé de localiser un axe anticlinal.

2.2.2 - La région centrale et Ouest du piémont de Téhéran.

Dans cette région les directions tectoniques sont W-E. Du Nord au Sud on distingue trois alignements majeurs (Fig. 31 et 32).

- Les collines qui jalonnent le pied de l'Elbourz.

Elles s'étendent de Tajrich à Hézarak, et dominent les vallées de Evin-Darakeh et de Farahzad. Ces collines sont délimitées au Nord par le chevauchement de l'Elbourz et au Sud par une grande faille parallèle au chevauchement (faille f 7).

Cette faille débute à l'Est, au-dessus de Schouanak, elle passe au pied de l'hôpital de Schadabad, le long de la route de Dézachoub, au Sud de la place orientale de Tajriche, limite au Nord la dépression de Mahmoudieh, se suit encore dans la topographie près d'Evin et se perd aux environs de Farahzad.

Nous n'avons observé que très peu de pendages. Le "chevauchement" se fait en général sur les terres rouges (villafranchiennes ?) qui pendent uniformément vers le Sud (faible pendage).

D'après les rares pendages observés il semble que ces collines présentent le flanc Sud d'un anticlinal dissymétrique dont le flanc Nord est masqué par les formations plus récentes ou par le chevauchement. Des accidents secondaires déforment cet alignement. Enfin, signalons un site désormais classique, la rive droite de la rivière Kan. Le chevauchement est d'une netteté remarquable. Les "roches vertes" reposent sur un dôme anticlinal d'alluvions "A" qui s'ennoie rapidement vers l'Ouest (Fig. 3). Les pendages sont de l'ordre de 60° au centre du dôme, et de 30° vers l'extérieur.

- L'alignement de l'Hôtel Hilton (Coupe Fig. 76) (axe 6)

Au Sud de Tajrich et de l'alignement précédent, s'élève une série de collines dont le versant Nord est escarpé. Ce sont les collines d'Armanieh (qui supporte l'Hôtel Hilton), d'Elayeh et de Qeytarieh; vers l'Est (au niveau de Chizar) cet alignement se raccorde avec le troisième anticlinal des Hézardareh (Rostamabad, Qasemabad, Madjidabad ..).

Selon le style classique de la région, cet anticlinal est dissymétrique, avec un flanc Nord très redressé (57° à 90°) et très court, alors que le flanc Sud s'étend très loin avec des pendages de plus en plus faibles. Mais ce flanc Sud est vite masqué par les formations "B" qui sont très bien exposées le long de l'Avenue Pahlavi. La colline de Qeytarieh s'ennoie rapidement sous les alluvions plus récentes et sous les habitations de Darous.

Vers l'Ouest, l'érosion a décapé les formations récentes. Les cailloutis "A" sont à l'affleurement et se suivent sans discontinuer depuis les collines de Darakeh au Nord jusqu'à Amirabad au Sud.

- L'Anticlinal d'Abbassabad. (axe 9)

Dans les collines d'Abassabad (extrémité Est), de Youssefabad et d'Amirabad qui se poursuivent jusqu'à l'Est de Baghé-Feyz, on retrouve une disposition anticlinale qui n'est que la répétition de ce que l'on a déjà vu : anticlinal dissymétrique à flanc Nord redressé et court, certainement faillé, et flanc Sud très long avec des pendages faibles. Dans le détail cet anticlinal n'est pas simple.

A Abbassabad les pendages du flanc Sud débutent avec des valeurs fortes : 70°. Puis ils passent progressivement à 30°. La colline de Yussefabad montre à son extrémité Est (au niveau de la Télé-

vision) une terminaison périclinale qui a favorisé un ennoyage par les alluvions "B". Une faille d'extension assez limitée et de direction E-W tranche les alluvions "A" et "B" à la hauteur du poste de Télévision. (Fig. 36 et 37).

Le long de la route de Schar-Ara à Farahzad l'anticlinal se retrouve avec des pendages sub-verticaux dans le coeur et de 45° vers le N ; le flanc Sud, redressé au départ à 65° s'adoucit à moins de 30° à la sortie des reliefs (axe 10). A l'Est de Baghé-Feyz, dans les gorges profondes creusées par la rivière de Farahzad, on peut voir l'anticlinal dont la charnière est plate avec des pendages faibles de part et d'autre. L'anticlinal a tendance à s'aplatir; mais une faille de direction NW-SE provoque le relèvement des couches à la verticale. Cette faille qui tranche aussi bien les alluvions "A" que les alluvions "B", passe un peu au Sud de la charnière anticlinale. Vers le Sud, les pendages faiblissent et le flanc Sud de l'anticlinal reprend une allure normale.

- La butte de Qasr-é-Kadjar.

Au Sud de cet alignement, les cônes de déjection des alluvions récentes ont oblitéré les structures. Signalons un repli anticlinal de faible amplitude et isolé : celui de la butte de Qasr-é-Qadjar (alignement n° 6 de RIEBEN)(axe 11). Cet anticlinal est assez symétrique, avec des pendages de l'ordre de 30°. Sa surface est recouverte par des alluvions plus récentes.

- La colline de "Iran-National".

Déjà en dehors de notre carte, signalons l'amorce de l'anticlinal de "Iran-National" au Nord de la route de Karadj. Cet anticlinal a la particularité de montrer un coeur de roches volcaniques.

- Les dépressions synclinales.

Il va de soi que les alignements anticlinaux énumérés ci-dessus sont séparés par des dépressions synclinales plus ou moins bien marquées.

Etant donné le style dissymétrique des anticlinaux, il faut rechercher les axes synclinaux très près des axes anticlinaux. Ainsi, les flancs Sud des synclinaux sont courts et redressés. Par contre les flancs Nord sont allongés avec des pendages faibles.

Entre les collines qui jalonnent le pied de l'Elbourz et l'alignement du Hilton, s'allonge la dépression de Mahmoudieh (axe 7), cette étroite dépression est comprise entre deux failles de direction E-W ; ce compartiment effondré se relève rapidement vers l'Ouest et s'ouvre à l'Est sur la dépression de Tajrich.

Entre l'anticlinal du Hilton et celui d'Abbassabad, la dépression synclinale est bien marquée par la zone moins sèche de Golhak, de Davoudieh et de Vanak (axe 8). Plus vers l'Ouest, des entablements de "B" camouflent les structures. Le cône de la rivière Kan est emboîté profondément dans le piémont ancien, si bien que toute trace de structure a disparu.

-Tectonique et morphologie.

Nous devons rectifier certaines hypothèses et déductions qui nous semblent incompatibles avec les observations géologiques décrites ci-dessus.

Sur la carte qui accompagne le rapport de Sir A. GIBBS (102) des failles de direction N-S sont placées systématiquement dans les lits des rivières qui descendent de l'Elbourz. Or, les alignements et les accidents du piémont sont de deux directions voisines : EW et NW-SE qui sont conformes avec les directions tectoniques des bordures.

Dans les falaises des rivières les structures se suivent suffisamment bien pour exclure l'hypothèse d'une faille. Enfin, il ne faut pas croire que la rectitude des lits des oueds du piémont est due "à des lignes de faille qui étaient plus sujettes à l'érosion". Le piémont de Téhéran offre tout simplement de beaux exemples d'érosion linéaire.

2.3 - ETUDE DES RELATIONS ENTRE LE PIED SUD DE L'ELBOURZ ET LE PIEMONT.

2.3.1 - La rive droite de la rivière Kan. (Fig. 3) (Photos pl. III, Fig. 2)

Les roches vertes reposent en contact anormal sur un dôme anticlinal d'alluvions "A". L'entaille de la rivière permet de suivre le chevauchement sur plusieurs centaines de mètres. Dans son avancée la plus extrême le contact est couché à l'horizontale, et a tendance à coiffer le sommet du dôme anticlinal. Puis vers le Nord, la surface chevauchante plonge assez rapidement. (45° N).

Les alluvions ont une forte teneur en matières terreuses. Les galets sont arrondis mais de petite taille et en minorité devant les éléments fins. On pourrait voir dans ce faciès, les couches de base de la série des alluvions "A".

Le chevauchement se suit très bien vers l'Ouest. De profil les versants présentent une rupture de pente concave soulignée par des touffes d'herbes et éventuellement par des sourcins envahis par des roseaux. Le pendage du chevauchement reste autour de 25°.

Une couche de 40 cm d'argile rouge-brun foncé souligne le contact. Les "roches vertes" sont souvent des roches volcaniques violacées fréquentes dans cette zone.

2.3.2 - La rive gauche de la rivière Kan.

Une route tranche les versants et permet de voir une coupe très différente de celle de l'autre rive (Fig. 33) (pl. IV - Fig.1)

- Description de la coupe.

Après une alternance de tufs verts et de schistes noirs, entaillés par des poches d'érosion remplies d'alluvions hétérogènes "B" une purée de roches vertes mêlée à une argilolithe bariolée (rouge et verte) contenant des blocs de tufs verts, (épaisseur 5 m) repose par l'intermédiaire d'une surface ondulée, inclinée en moyenne de 60 à 70° N, sur une série détritique écaillée deux fois.

Chaque écaille est composée de plusieurs bancs d'alluvions inclinés de 70° vers le Sud, la première écaille a un pendage de 45° N, la seconde 40° N.

Les alluvions des écailles sont des alternances de bancs de galets roulés de couleur verte avec des bancs terreux rougeâtres, des lits de limons, des graviers terreux, pouvant tout aussi bien appartenir aux formations hétérogène "B" qu'aux faciès de bordure de reliefs des alluvions "A" (plus probable). Ces écailles reposent sur une masse uniforme de nature terreuse de couleur rougeâtre, à galets épars non classés, avec des débris anguleux et des blocs éclatés rarement liés. Il semble que ces couches soient horizontales ou aient un léger pendage vers le Sud. Ce sont des dépôts terrigènes que nous avons placé avec de très grandes réserves dans le Villafranchien.

- Interprétation.

Donc d'une rive à l'autre le chevauchement a des aspects très différents. Tel que nous l'avons tracé sur la carte, le contact au niveau du débouché de la rivière Kan, a une flèche de 800 m.

Doit-on voir dans cette section la suite vers le Nord de la coupe de la rive droite ? Dans ce cas, les formations terreuses rouges occuperaient une position synclinale au Nord du dôme anticlinal; les écailles seraient alors des lambeaux du flanc Nord de ce synclinal, ce qui irait assez bien avec les pendages des couches détritiques (70° S).

2.3.3 - Hézarak.

Dans une carrière abandonnée située à l'Est du village de Hézarak, le contact entre les roches vertes et les formations récentes est encore chevauchant. (Fig. 35) (pl. IV, fig. 2). Mais l'accident est redressé à 65° N.

- Description de la coupe.

Au Nord de l'accident les roches vertes sont mylonitisées. Ces brèches ont environ 1,20 m d'épaisseur. Au-dessous de l'accident, à la base, on retrouve les roches vertes. Ce fait est assez rare; le substratum de roches vertes n'est donc pas loin sous les dépôts récents. Ces roches vertes sont broyées.

Entre la faille et les tufs verts broyés, s'interposent des brèches de couleur jaune, à débris de roches vertes. Au-dessus repose une masse de terre rouge (2 m) à petits éléments verts de taille inférieure à 5 cm, anguleux, faiblement lités.

Vers le sommet ces terres rouges sont couvertes par des éboulis anguleux (60 cm) à éléments de plus en plus fins vers le haut. Ces éboulis sont noyés dans une matrice terreuse rouge. Eboulis et terres rouges sont concordants et sont chevauchés pareillement par la masse des roches vertes.

- Interprétation.

Ce que nous avons supposé être du Villafranchien, prend ici l'allure d'éboulis de bas de pente. Le pendage de 35°, s'il est accusé, peut encore correspondre à la pente limite des talus. Doit-on en faire des formations plus récentes ? Pas du "C" car de part et d'autre il recouvre le pied de l'Elbourz. L'Elbourz a-t-il chevauché un ancien haut niveau villafranchien, aujourd'hui complètement érodé et dont on ne retrouverait des lambeaux que lorsqu'ils ont été protégés par le chevauchement ? Légèrement plus à l'Est (quelques centaines de mètres) des déblais de ghanats montrent des débris de roches volcaniques violacées. Donc le substratum rocheux est à moins de 10 m.

2.3.4 - Moradabad.

Au niveau de ce village (entre Hézarak et Farahzad) sur une très faible distance les alluvions "A" plongent de 35° vers le N et passent ainsi sous les roches vertes. Le pendage de la faille est certainement redressé en raison de la rectitude de sa trace dans le paysage.

2.3.5 - Farahzad. (Fig. 34)

Sur la rive droite de la rivière Farahzad, au niveau du village du même nom, des roches éruptives blanchâtres bien cristallisées, mais altérées, affleurent au Sud du passage de l'accident majeur. Ces roches sont elles-mêmes en contact faillé avec les alluvions "A". Sur la rive gauche, taillées en une haute falaise, ces roches éruptives sont enfouies sous la haute terrasse (40 m).

Le substratum s'est écaillé en un gradin qui s'intercale entre l'accident majeur et la grande faille de Schadabad-Tadjrich-Mahmoudieh. Le socle, à l'approche de l'Elbourz se morcelle en gradins étagés, de faible largeur, qui s'affaissent jusqu'au pied de l'alignement anticlinal du "Hilton".

Ces cassures en marches d'escalier se trahissent dans la topographie actuelle : il faudra en tenir compte lorsque nous ferons l'inventaire des surfaces d'érosion étagées dans le piémont. Signalons que la masse éruptive de la rive gauche est tronquée à sa partie supérieure par une ancienne surface d'érosion, elle est actuellement enfouie sous les dépôts de la terrasse.

2.3.6 - Sahadatabad.

- Description.

Dans le ravin de Sahadatabad, à l'Ouest de Darakeh (une piste mène à une carrière de tufs verts), les couches vertes très redressées et en bancs peu épais, se trouvent côte à côte avec les formations terreuses rouges à éléments anguleux. Le contact se fait par une faille redressée à la verticale; un léger renversement vers le Nord est possible.

Les pendages sont peu visibles dans les terres rouges. Dans l'ensemble ils semblent pendre moyennement vers le Sud, avec un redressement au niveau de la faille.

- Evolution du contact anormal.

Ainsi, le contact anormal entre le pied de l'Elbourz et le piémont de Téhéran, est couché à l'horizontale au niveau de la vallée du Kan; il se redresse progressivement vers l'Est pour arriver à la verticale.

D'après le tracé sur la carte, les sinuosités du contact indiquent des pendages faibles à l'Ouest d'Hézarak-Moradabad. Entre Moradabad et Tadjrich, le chevauchement fait place à une faille au tracé rectiligne qui indique un pendage très fort. Ainsi, au point de vue tectonique on ne peut plus parler de chevauchement. La disposition en "marches d'escalier" descendant jusqu'à la dépression de Mahmoudieh, ne permet pas de rechercher ailleurs le chevauchement.

2.3.7 - Schadabad : chevauchement ou masses glissées ? (Pl. V, Fig. 2)

Entre l'Ouest de Tajrich et les environs de l'Hôpital de Schadabad, le contact entre les roches vertes et le Plio-Villafranchien est masqué par les constructions et les dépôts récents. Vers l'Hôpital de Schadabad (ou Shahabad ?) des accidents impliquent des formations récentes.

- Description de la coupe de Kachanak.

Un kilomètre avant le sanatorium de Schadabad, près du village de Kachanak, la colline située au Sud de la route est formée par une masse de roches appartenant soit aux tufs verts, soit aux

schistes calcaires noirs de la série noire inférieure e3b. Ces roches sont broyées et très décomposées. Un tel état de choses correspond très bien avec une zone fortement tectonisée.

Les roches vertes reposent sur des terres rouges à éléments anguleux de roches de l'Elbourz. Le faciès de ces terres rouges est semblable à celui que nous avons appelé avec beaucoup de doute "Villafranchien".

RIEBEN rapproche ces terres rouges avec le "C" ou le sommet du "B".

L'entaille de la route montre les roches éocènes sur un banc de terres rouges épais seulement de 1 m ; au-dessous reparaissent des schistes noirs assez bien conservés. Une telle disposition évoque l'existence de masses glissées sur des formations de pentes recouvrant elles-mêmes un substratum rocheux.

- Coupe de Schadabad.

Le sanatorium civil est perché sur une hauteur qui tombe à pic sur le ruisseau du même nom. Cet abrupt coïncide avec le plan de la grande faille Schahabad-Tajrich. Le talus est formé par des roches vertes très altérées et meubles. Si on suit sur 250 m le sentier qui passe au pied de l'hôpital on arrive dans une tranchée récente qui entaille les derniers contreforts rocheux de l'Elbourz. Des roches vertes avec de gros débris de roche volcanique foncée reposent sur des terres rouges. Le pendage du contact est horizontal. Tout laisse à croire qu'il s'agit du chevauchement. Ce contact se suit assez longtemps, et passe derrière le mur de l'hôpital militaire. Mais, des détails semblables à ceux de la coupe de Kachanak nous laissent perplexes.

- le contact est trop net,
- absence de déformations, compaction, etc. dans les couches rouges.
- faibles traces de stratification dans la purée verte; une altération aussi poussée aurait-elle respecté les joints de stratification ?
- existence à la base des couches vertes argileuses, d'un passage latéral indenté avec les terres rouges. Ce passage quoique localisé est net.

- Coupe de l'Hôpital militaire

Mais 300 m à l'Est de l'hôpital militaire : un promontoire montre au sommet, une grande dalle massive de roches vertes. Des gros blocs se détachent et glissent sur les pentes. L'ensemble repose sur une formation détritique rougeâtre finement litée riche en éléments terreux. Les pendages sont de 20° vers le Sud.

Enfin, dans le thalweg qui monte à l'Est du promontoire on peut voir sur la rive gauche, les roches vertes très altérées reposer sur des dépôts terreux rougeâtres dont le litage^{est}/souligné par des lits de gros galets. Le pendage du contact est de 45° vers le N.

2.3.8 - Conclusions sur les relations entre le pied de l'Elbourz et le piémont.

Lorsque l'on parle du chevauchement de l'Elbourz, il ne faut pas voir un accident unique qui fait reposer les roches vertes sur les alluvions du piémont, mais une série d'accidents que l'on peut classer dans deux catégories.

- Des failles inverses à caractère chevauchant souvent marqué. Nous plaçons dans cette catégorie des failles dont le pendage est inférieur à 40 ou 45°.

Nous avons décrit des exemples où le chevauchement se faisait avec un angle nul. Sur la rive droite du Kan, le chevauchement a tendance à épouser la voussure du dôme anticlinal.

Peut-on parler de forces tangentiellles ? La tectonique tangentielle post-pliocène (ou post-villafranchienne) n'est que le rejeu assez limité d'accidents tangentiels antérieurs.

L'Elbourz, même au cours d'une simple élévation verticale d'ensemble aura tendance à "foisonner" sur ces bordures. En effet :

- les chevauchements horizontaux passent rapidement vers le Nord à des pendages redressés à plus de 45° (Kan, Schahabad)
- les chevauchements ne semblent pas excéder une distance de 1 km ce qui est peu si l'on compare à la masse de l'Elbourz.
- la direction d'ensemble du chevauchement au Nord de Téhéran est fortement oblique par rapport aux directions générales de la chaîne.

- la morphologie post-pliocène (ou post-villafranchienne) du piémont a certainement favorisé ce chevauchement local; il y a une relation évidente entre l'existence de cette direction tectonique quelque peu anormale et la présence d'une zone synclinoriale déprimée qui échancre le pied de la chaîne.

- Des failles à pendages très redressés, supérieurs à 45°
On ne peut plus parler de chevauchement.

En général les pendages indiquent des failles inverses. Mais à Sahadatabad l'inversion des pendages révèle des failles normales. Ces failles ont une extension telle qu'elles réduisent les chevauchements à des cas particuliers.

Bien plus que les accidents chevauchants ce sont les failles de style cassant qui semblent être le reflet le plus fidèle de la tectonique fini-tertiaire. A Schahabad, les promontoires chevauchants sont eux-mêmes parcourus par ces failles, autrement dit, il faut envisager une chronologie dans ces accidents.

Les failles de direction SW-NE seraient postérieures aux accidents chevauchants. Doit-on impliquer à ces failles l'oblitération du chevauchement entre Hézarak et Tajrich ?

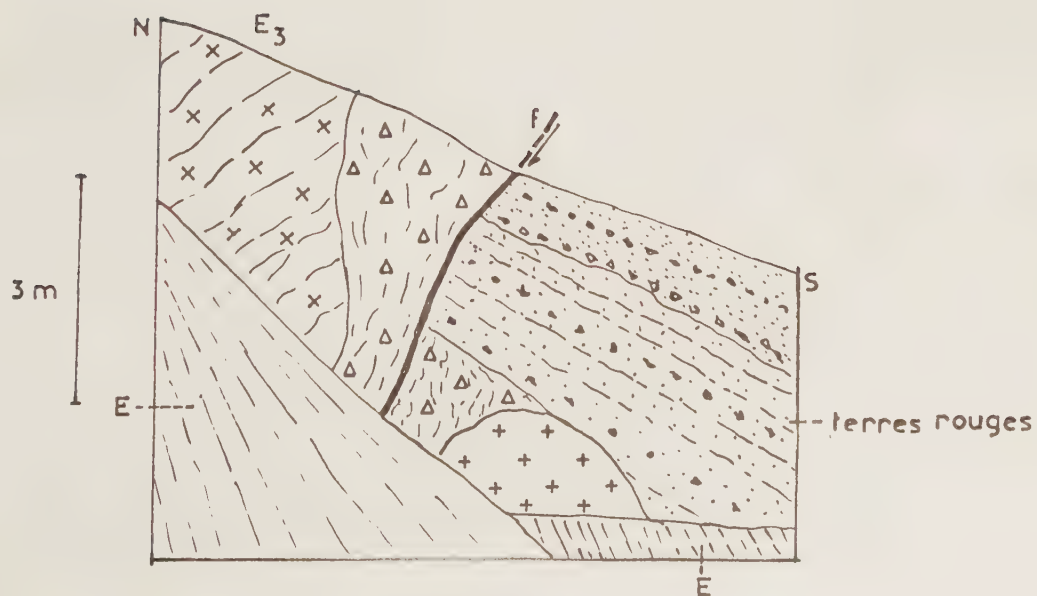
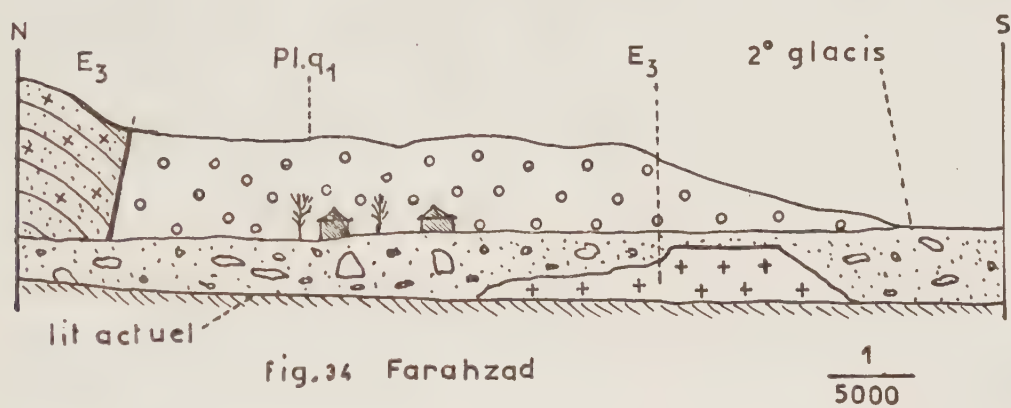
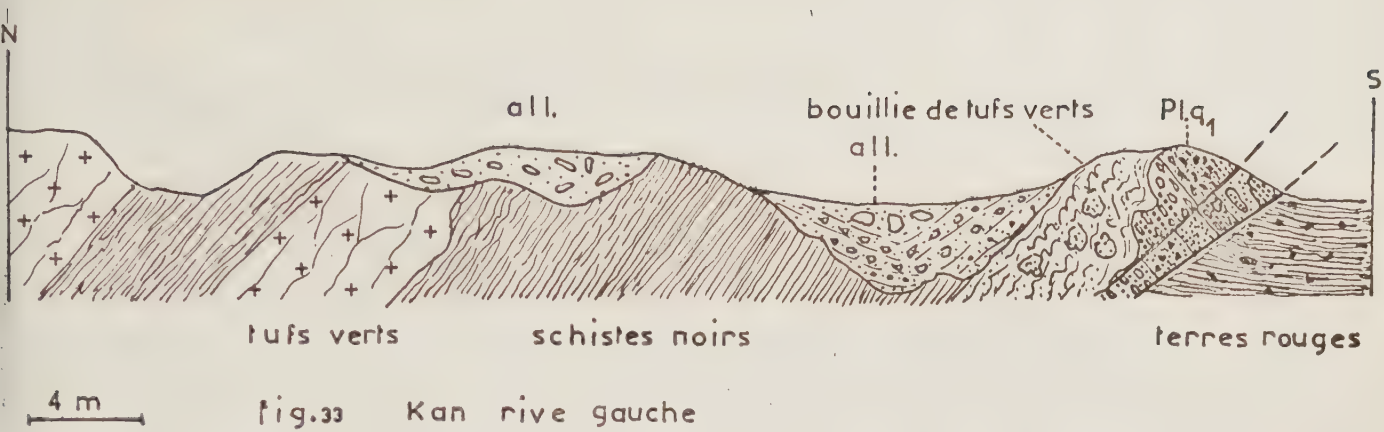
2.4 - EXISTE-T-IL UNE TECTONIQUE QUATERNAIRE ?

La tectonique du piémont nous est surtout révélée par l'étude des structures des alluvions pliocènes. Il est difficile de déceler dans les alluvions plus récentes les marques d'une tectonique quaternaire.

Toutefois certains indices relevables dans les alluvions "B" nous permettent de penser que la pulsation qui a plissé les cailloutis pliocènes s'est continuée dans les temps quaternaires mais avec des effets amoindris.

Quels sont ces indices ?

- les effets les plus visibles sont les failles qui affectent les alluvions "B".



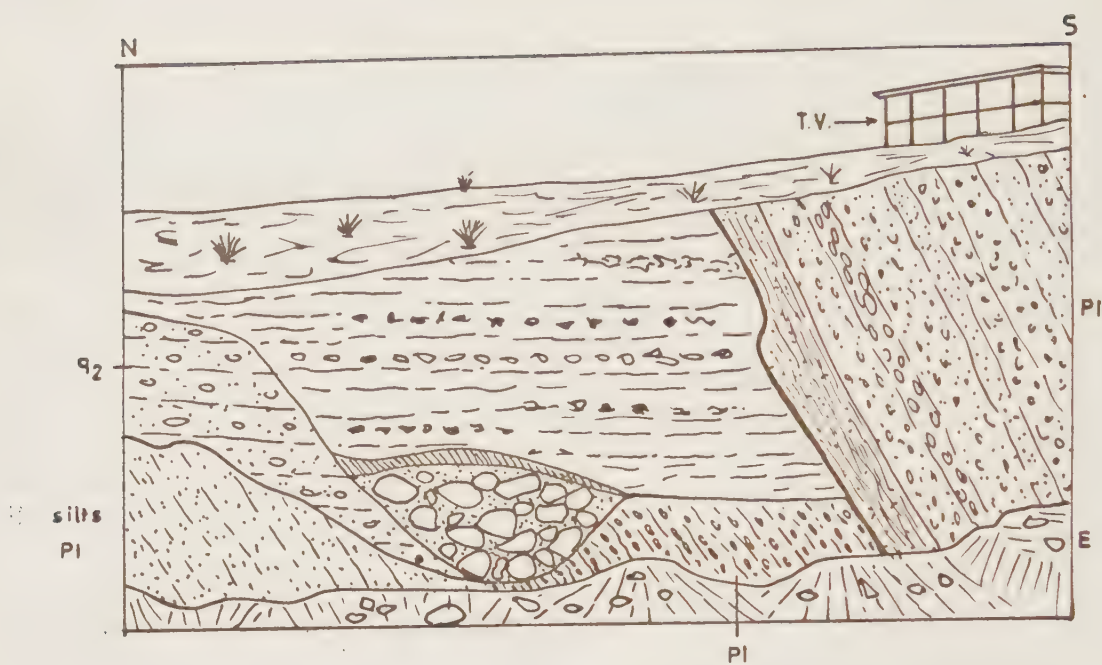


fig.36 faille de la Télévision (Av.Pahlavi)

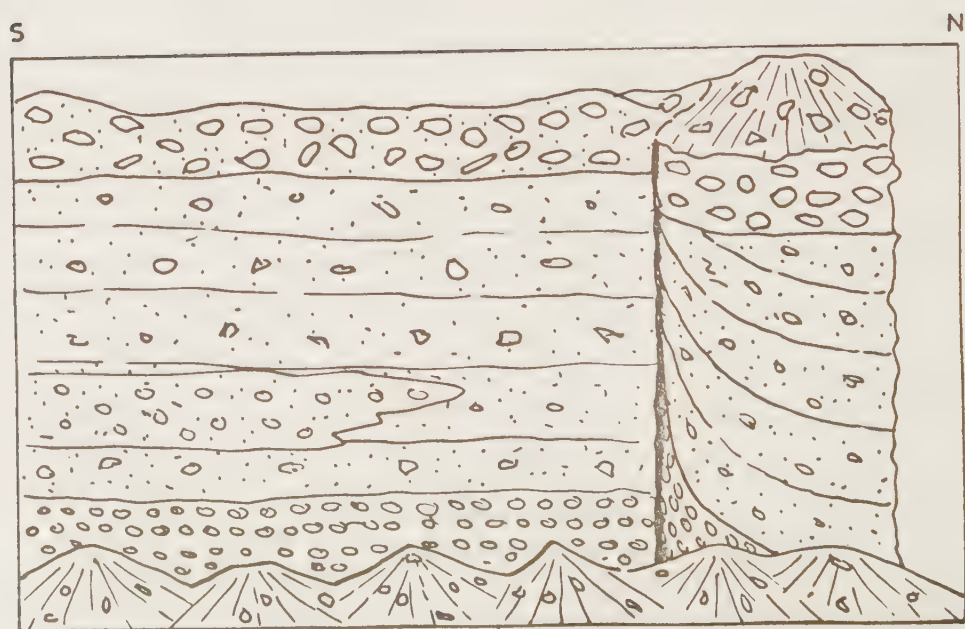


fig.37 faille de la télévision (Ouest)

2.4.1 - Faillle de la Télévision.

Nous rappelons les coupes classiques de la Télévision sur la route Pahlavi. Dans la tranchée Est de la route, juste sous le bâtiment de la Télévision, une faille redressée à plus de 65°S met en contact les cailloutis "A" avec des formations horizontales hétérogènes (Fig. 36).

La faille et les cailloutis "A" ont le même pendage. La faille est soulignée par une accumulation de limons argileux brun-rose. Elle a une direction E-W. Son extension en longueur est limitée à quelques kilomètres. Cette faille est locale et son rejet réduit à quelques mètres car au pied Nord de l'accident, les mêmes bancs de "A" se retrouvent avec le même pendage.

Sur ce "A" au Nord de la faille, reposent des terrains très dissemblables, séparés par des surfaces d'érosion très marquées. Nous avons compté quatre de ces surfaces. Cet exemple montre que la stratigraphie des alluvions, telle qu'elle a été faite jusqu'à ce jour est insuffisante.

Le parallélisme rigoureux qui existe entre les lits du "A" au Nord comme au Sud de la faille et avec la faille elle-même, suggère que l'accident n'est pas une cassure véritable mais un glissement suivant une zone de faiblesse représentée par le lit de limons argileux.

En face, dans la tranchée Ouest de la route, on ne voit plus les alluvions "A" (Fig. 37). La route passe dans un ensellement pliocène rempli par des alluvions "B" en majorité, avec un placage de "C". Dans cette tranchée, une faille verticale de très faible rejet (de l'ordre du mètre) cisaille les alluvions "B". Le compartiment N est affaissé et présente des couches rebroussées à plus de 30°. Dans un évidement creusé au Nord de cette coupe, on remarque à nouveau les nombreuses surfaces d'érosion qui subdivisent le "B".

2.4.2 - Faillle de Bagh-é-Feyz

Au débouché du torrent de Farahzad, à l'Est de Bagh-é-Feyz, une faille curviligne de direction NW-SE redresse les lits de "A" à la verticale. Dans les falaises de la rivière on ne voit pas si les alluvions "B" sont faillées, mais en surface, la topographie du "B" décelle le passage de la faille.

2.4.3 - Le gradin de Farahzad.

Le gradin supérieur qui longe le pied de l'Elbourz à l'Est de Farahzad est tronqué par une surface qui aurait dû se raccorder avec celle qui aplanit les autres alignements du piémont. Mais cette surface est surélevée par une série de failles qui actuellement, sont visibles dans la topographie. Ceci prouverait la jeunesse de ces accidents.

Les effets de cette tectonique récente se font d'autant plus sentir que l'on s'approche de l'Elbourz.

2.4.4 - Localisation des dépôts récents.

Les dépôts "B" sont localisés autour des reliefs pliocènes. Ils remplissent des dépressions structurales. L'instabilité du substratum se traduit par un rejeu sporadique des cassures; les déformations se font toujours dans le même sens; ce sont les zones synclinoriales qui s'affaissent et qui collectent les nouveaux dépôts. Le "B" se dépose sur une topographie différenciée par la tectonique et accusée par l'érosion, elle-même guidée par les déformations tectoniques. Le rejeu a pu continuer pendant toute la durée du dépôt du "B" à la manière d'une subsidence (apparemment les grandes cassures du piémont modelent aussi bien les franges de "B" que les structures plus anciennes).

2.4.5 - Autres indices.

Les auteurs citent souvent des pendages dans les formations récentes. Mais tous ces pendages ne sont pas les preuves irréfutables d'une action tectonique : il est très rare sinon impossible de citer des pendages supérieurs à la pente d'équilibre des talus.

Sur la bordure de l'Anti-Elbourz les terrasses contemporaines du "B" ne semblent pas affectées par des déformations.

La couverture limoneuse camoufle les effets de la tectonique dans la plaine mais des différences dans l'encaissement des cours d'eau et certains ressauts peuvent avoir une origine tectonique.

Vers le Sud, et en direction des kévirs, ce sont des gauchissements à grand rayon de courbure qui affectent les anciens glacis recouverts par les dépôts du Quaternaire ancien. La localisation de ces dépôts autour des inselbergs et les pendages rayonnants autour des re-

liefs volcaniques peuvent en partie, avoir une origine tectonique.

D'autres indices seront mis en évidence lors de l'étude géomorphologique.

2.5 - CONCLUSIONS ET HYPOTHESES SUR LA TECTONIQUE DU PIEMONT DE TEHERAN.

De l'analyse des structures et des accidents du piémont de leur répartition, de leur ampleur et de l'âge de ces déformations, nous pouvons établir les conclusions suivantes :

La ville de Téhéran est située dans une région où on peut distinguer trois zones tectoniques différentes.

2.5.1 - Le pied Sud de l'Elbourz.

Il appartient à une grande unité structurale qui, depuis la fin de l'Eocène évolue dans le sens du soulèvement. Les déformations tectoniques impliquent une masse considérable et sont liées à des causes profondes. Les pulsations de cette chaîne, si réduites soient-elles peuvent provoquer localement des accidents importants surtout au contact d'une zone tectoniquement négative où la lithologie et la morphologie ne sont pas des facteurs de grande résistance. Ainsi peut-on comprendre les chevauchements locaux et de faible ampleur qui affectent le contact Elbourz-piémont.

2.5.2 - Le piémont de Téhéran, proprement dit.

Il occupe l'extrémité Ouest du Synclinorium médian. Alors que l'Elbourz est une masse en voie d'élévation, que l'Anti-Elbourz est une zone relativement stable malgré les nombreuses cassures qui le parcourent, le piémont est le siège d'une tendance à l'affaissement. Mais cet affaissement est très anarchique; il implique une zone ayant une certaine autonomie tectonique.

Quoique dépendant structuralement de l'Elbourz, le substratum du piémont réagit différemment aux actions tectoniques. Il est morcelé en une série de fossés d'effondrement d'ampleur limitée, séparés par des zones surélevées généralement basculées. Cette autonomie se traduit par une certaine liberté dans les directions structurales qui peuvent être obliques par rapport aux axes majeurs de la chaîne.

Les failles rectilignes, parallèles et à fortes pendages, qui découpent le piémont, sont conformes avec une structure en horsts et grabens.

Alors que la tendance générale de la grande chaîne, siège des forces majeures, est une phase de contraction, dans le piémont des phases de distension sont possibles. Elles permettent une accumulation plus importante de sédiments : ce n'est donc pas par hasard que la sédimentation continentale s'est localisée au cours du Tertiaire et du Quaternaire pour former l'actuel piémont. On explique de même les fortes épaisseurs du cailloutis "A".

2.5.3 - Le Plateau Central.

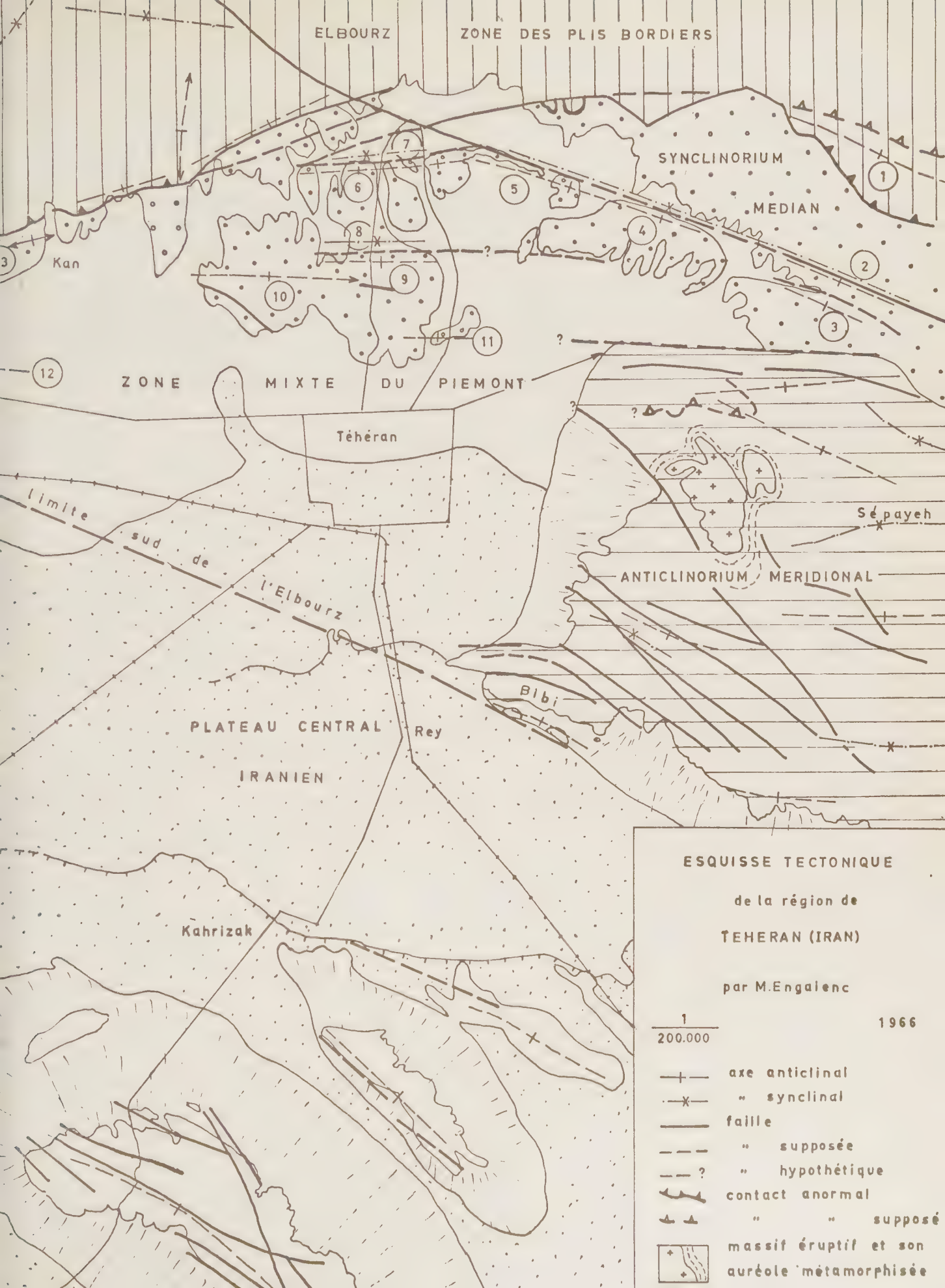
La troisième zone tectonique de la région étudiée appartient à un grand ensemble structural, celui du Plateau Central Iranien. Il débute au Sud de la zone précédente et supporte les grandes étendues planes limoneuses.

Ce plateau correspond à un vaste socle semi-rigide affecté par des ondulations à grands rayons de courbure et par des cassures en liaison avec ces plis. Des épanchements volcaniques soulignent ces cassures. Inselbergs volcaniques sombres formant les reliefs, et immenses étendues de Miocène continental rose particularisent et uniformisent cette unité structurale.

2.5.4 - Considérations théoriques sur la tectonique.

Nous pouvons supposer que l'allègement par érosion du bloc à mouvement positif et l'accumulation des sédiments dans la zone subsidente, entretiennent le déséquilibre isostasique. Si à cela se superpose un certain retard dans le déclenchement du déséquilibre puis dans le rétablissement de l'équilibre des masses, nous pouvons expliquer que :

- les déformations se font toujours dans le même sens,
- les effets tectoniques, nés dans l'Elbourz sont plus tardifs dans le piémont : les failles redressées appartenant à la zone tectonique du piémont, recoupent les chevauchements de la bordure de l'Elbourz.
- le manque de brutalité dans la transmission des forces permet une certaine autonomie dans les directions structurales du piémont.
- le retard dans le déclenchement du déséquilibre et le rétablissement de l'équilibre isostasique se traduit par une persistance des



déformations dans le piémont, longtemps après la phase majeure; les déformations du Quaternaire ancien ne sont que les suites amorties du spasme fini-tertiaire.

Il est fort probable que les réajustements entre la masse de l'Elbourz et le piémont se poursuivent actuellement, mais alors que les effets de cette compensation isostasique sont exprimés dans le Quaternaire ancien, ils sont oblitérés dans le Quaternaire récent par les phénomènes géomorphologiques d'origine climatique à évolution plus rapide.

Nous n'avons pas assez de recul dans le temps pour juger de la continuité des déformations tectoniques.

A l'échelle structurale, la chaîne de l'Elbourz et le Plateau Central sont des unités du même ordre de grandeur, le piémont quoique s'intégrant dans la structure de l'Elbourz, s'individualise en une unité d'ordre inférieur, avec des particularités qui ne sont que les reflets atténués et parfois modifiés des phénomènes qui ont leurs origines dans les unités supérieures. D'une façon générale, le piémont se comporte comme le Plateau Central, avec des fossés d'effondrements et des zones soulevées, mais avec des rejets plus importants imputables à la proximité de l'Elbourz, tectoniquement jeune.

Le morcellement et les décalages verticaux s'amplifient à l'approche de la chaîne. Dans le Sud de la région les compartiments accidentés sont plus vastes.

A la limite entre deux aires évoluant dans des sens différents, le piémont enregistre avec le plus de fidélité les détails de cette évolution.

L'histoire de cette évolution nous a été révélée par la géologie; plus près de nous les forces internes ne s'étant pas suffisamment affirmées, nous ferons appel à la géomorphologie.

* * *

*

DEUXIEME PARTIE

GEOMORPHOLOGIE DE LA REGION DE TEHERAN

- I. - LES CONDITIONS DE LA MORPHOGENESE.
- II.- LES FORMES LOCALES DU RELIEF.
- III.- RESUME DES FAITS ET HYPOTHESES SUR L'EVOLUTION
GEOMORPHOLOGIQUE.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Située entre deux zones tectoniquement différentes, sur la bordure du vaste système endoréique du Plateau Central Iranien, encore dans la zone aride mais sous l'influence des hauts reliefs de l'Elbourz, la région étudiée offre une grande variété de formes originales de reliefs.

Depuis la fin des temps tertiaires, le relief de la région de Téhéran a constamment évolué sous les actions simultanées des changements de climats et des pulsations tectoniques.

I.- LES CONDITIONS DE LA MORPHOGENESE.

1.- LES FACTEURS CLIMATIQUES.

Nous décrirons plus en détail dans le chapitre de la climatologie, les données qui caractérisent le climat actuel. Mais il est bon de préciser dès maintenant certaines valeurs qui nous aideront à mieux comprendre les formes de paysages et leur évolution. Les facteurs climatiques qui ont caractérisé le Quaternaire ancien seront étudiés plus loin avec les paléoformes de relief.

Téhéran est située sur le versant Sud de la chaîne de l'Elbourz. Cette chaîne est une barrière qui isole efficacement le bassin central endoréique des influences de la mer caspienne.

Ainsi, le climat qui règne à Téhéran est sous l'influence plus ou moins prépondérante de la continentalité, de la présence des reliefs et des résidus caspiens.

1.1 - LES PRECIPITATIONS.

Il faudrait distinguer plusieurs zones dans leur répartition spaciaie.

- Les reliefs de l'Elbourz : ils s'élèvent jusqu'à près de 4000 m. La pluviométrie y est la meilleure, quoique limitée, le climat est du type aride froid.

Grand avantage : les précipitations se font surtout sous forme de neige, mais la sécheresse se prolonge sur de nombreux mois en été.

- le piémont : il s'étage de 1200 m à 1800 m. Les influences continentales sont prépondérantes. Mais il neige plus fréquemment à Chemiran qu'à Téhéran. C'est la zone de transition entre la chaîne de l'Elbourz et la plaine de Téhéran.

- la plaine de Téhéran : elle est nettement aride. Moins de 200 mm de pluie. Certainement pas plus de 150 mm au Sud de la zone, encore moins dans l'extrême S-E (100 mm en bordure des Kévirs).

Quelle que soit la zone les précipitations sont insuffisantes. Elles sont irrégulières au cours de l'année et d'une année à l'autre. Leur durée est limitée. Les pluies correspondent avec le début et la fin de la saison froide.

Etant donné la faible nébulosité, l'altitude élevée (la ville est à 1200 m) l'importance des radiations solaires et l'extrême sécheresse de l'air, l'évaporation est très forte, on estime que toute l'eau précipitée sur la plaine est reprise par l'évaporation.

1.2 - LES TEMPERATURES.

Leur répartition obéit aux mêmes remarques que ci-dessus. Les hivers sont froids dans toutes les zones. Il gèle pendant 5 mois à Téhéran. Les amplitudes diurnes sont de l'ordre de 12° en ville. Même en hiver, l'ensoleillement est très fort. La limpidité du ciel permet des nuits fraîches en été. Cet ensoleillement permet la fonte de la neige plusieurs fois au cours d'un hiver. Les étés sont très chauds mais secs.

2.- LA VEGETATION.

Téhéran est une ville-oasis artificielle. La végétation se limite à des bouquets d'arbres le long des cours d'eau (peupliers) et à une pelouse très clairsemée de graminées dans la plaine limoneuse, avec des tamaris dans les zones d'épandages à limons salés; sur le piémont caillouteux des touffes éparses d'épineux constituent "l'herbe à chameaux".

Au printemps des taches herbeuses fugaces verdissent dans les bas-fonds terreux. Les flancs de l'Elbourz sont quasi-stériles; ils supportent une maigre végétation herbeuse à la fonte des neiges, localisée sur les manteaux d'altération rougeâtre qui recouvrent les ressauts de faible pente.

L'irrigation permet l'existence de cultures toute l'année. Toutefois, dans la plaine de Rey de grandes étendues de terres sont libres de toute végétation, une grande partie de l'année. Ces terres limoneuses

sans culture, mais labourées, fournissent une quantité illimitée de poussière au moindre souffle de vent.

3.- LES SOLS.

3.1 - DANS LE PIEMONT.

Dans le piémont caillouteux, seules les alluvions "C" sont aptes à supporter des cultures. Ce sont les seules formations qui soient recouvertes par un sol, leur teneur en matériel fin ainsi que des actions climatiques favorables ont permis une action pédologique.

Les terrains antérieurs sont trop caillouteux ou ravinés ou encroûtés pour donner naissance à un sol. Ils forment des régo-sols stériles.

3.2 - DANS LA PLAINE.

La plaine limoneuse de par sa nature et sa situation climatique, porte des sols steppiques : sols châtaîns calcaires à croûtes. Mais l'horizon humifère est peu développé, lorsque la croûte affleure ou est sub-affleurante, la stérilité est accrue.

3.3 - DANS LES RELIEFS.

Les reliefs, à de rares exceptions près, portent des sols squelettiques ou des régo-sols.

Les collines volcaniques sont dénudées. Les pentes sont recouvertes d'éboulis exempts de matériel fin. Dans l'Elbourz les versants sont tellement abrupts qu'ils ne portent ni des éboulis ni des placages terreux. La roche est à nue. Seuls quelques épaulements sont recouverts par des altérations argileuses provenant de la décomposition des "roches vertes". On voit de tels placages sur les premiers versants de l'Elbourz, au Nord de Schahabad-Schouanak.

Les sols salés seront étudiés en détail plus loin.

4.- L'ÉCOULEMENT SUPERFICIEL.

Il diffère suivant les zones considérées.

4.1 - DANS L'ELBOURZ.

Le ruissellement est concentré en un réseau hiérarchisé. Dépendant des précipitations désordonnées et surtout de la fonte des neiges ces cours d'eau ont un écoulement temporaire; l'été et l'automne assèchent les lits. Ce sont des torrents tumultueux entrecoupés d'étroitures, avec de nombreuses cascades. Ils présentent un bassin de réception bien marqué avec des flancs abrupts dépourvus de toute végétation : les hautes altitudes de ces bassins contribuent à cette stérilité.

L'écoulement se concentre dans un chenal généralement très encaissé et étroit dans lequel le flot dévale à grande vitesse.

4.2 - DANS LE PIÉMONT.

Dans les conditions climatiques actuelles, les rivières creusent. Les cours d'eau sont profondément encaissés dans les alluvions si bien que le piémont joue le rôle de relief; le flot qui descend de l'Elbourz continue à dévaler sous forme d'écoulement concentré les lits étroits et profonds. Ce n'est qu'à la hauteur de la ville, aux sorties des gorges, que l'écoulement concentré se transforme en un écoulement en nappe.

Le flot se divise en une multitude de filets qui divergent suivant les génératrices des cônes de déjection. Il n'y a plus de lits mais quelques rigoles peu marquées rapidement submergées par les crues. Sur ce cône le flot abandonne sa charge et se livre à des divagations latérales.

Par infiltration sur un matériau très perméable, et par évaporation très active sur un écoulement divisé, le cours d'eau meurt en général sur son cône de déjection.

Seuls les oueds importants et seulement au cours des hautes eaux, se libèrent de leur cône. Les autres ne laissent échapper que de maigres filets d'eau, qui naissent à la terminaison du cône.

S'ils sont suffisamment alimentés, ces filets peuvent s'anastomoser pour former un ruisseau qui s'encaisse dans les limons.

4.3 - DANS LA PLAINE LIMONEUSE.

L'écoulement se désorganise. Epuisé par l'épreuve du cône de déjection et ralenti par la rupture de pente qui caractérise le passage du piémont à la plaine, l'écoulement dans la plaine de Téhéran, n'est plus représenté que par de rares lits souvent secs.

La rivière Kan au moment des crues, traverse tant bien que mal la plaine. Mais à son passage au niveau de la route de Qoum (Es-maïlabad) la crue n'est qu'un vague filet boueux, à débit ridicule.

Les crues qui dépassent les cônes de déjection sont rapidement épuisées par une myriade de détournements qui servent à l'irrigation. Vers l'Ouest, la rivière Karadj a conservé ses écoulements grâce à des débits plus importants.

4.4 - DANS L'ANTI-ELBOURZ.

L'écoulement est concentré dans un réseau hiérarchisé hérité de phases climatiques antérieures. L'écoulement n'a lieu qu'au cours et immédiatement après les pluies. A la sortie des reliefs les eaux s'étalent et se divisent sur le piémont. La pluviosité sur ce massif étant très faible, il est pratiquement impossible d'assister à un écoulement concentré. Aucun ruisseau notable s'échappe du piémont.

Le seul écoulement persistant quelques jours et encore avec des débits très faibles, est celui qui emprunte le lit caillouteux parallèle à la route d'Ab-Ali; les eaux peuvent d'ailleurs provenir du ruissellement des Hézardareh.

4.5 - LES RELIEFS VOLCANIQUES DU SUD.

Ils sont environnés par de magnifiques piémonts qui ne correspondent plus aux ridicules impluviums actuels, L'écoulement semble nul, il existe pourtant, décelé par les égratignures qui affectent la surface du piémont.

Dans les zones d'épandages du S-E, l'encaissement actuel des principaux tributaires n'empêche pas le ruissellement en nappes; la

surface des limons est très plane; les incisions sont absentes.

5.- LES VENTS.

Ils soufflent en toutes saisons mais sont plus importants pendant la saison chaude. Les vents correspondent souvent à des orages secs qui soulèvent de gigantesques nuages de poussière limoneuse ocre clair; l'été ils sont plus fréquents en fin d'après-midi.

Les soirs d'été, très chauds, de violentes rafales poussiéreuses soufflant d'W en E balayent les espaces dégagés entre Rey et Kahrizak; la poussière est particulièrement dense, dans les étendues miocènes du Sud.

Les tourbillons verticaux, cyclones réduits, se déplacent rapidement en soulevant toutes sortes de débris; des graviers de 1 à 2 cm sont ainsi véhiculés avec force.

6.- LES FACTEURS GEOLOGIQUES.

Nous avons longuement insisté sur la géologie de la région de Téhéran.

6.1 - FACTEURS TECTONIQUES.

Nous rappellerons que la région peut se diviser en trois grandes zones structurales qui ont réagi différemment aux actions tectoniques :

- les reliefs montagneux de l'Elbourz et de l'Anti-Elbourz,
- le piémont s.s.
- le plateau Iranien.

Ces zones structurales se superposent à des contrastes climatiques et topographiques. Les reliefs jouent dans le sens de l'élévation. Le plateau est subsident, déformé par des courbures de grand rayon. Ces grands plis peuvent s'accompagner de cassures. Le piémont est affecté par une tectonique très cassante, en constante évolution qui se traduit en surface par un plissement de la couverture alluviale.

6.2 - FACTEURS LITHOLOGIQUES.

Ces différences tectoniques s'accompagnent de différences lithologiques :

- le substratum rocheux forme les reliefs. La jeunesse des reliefs s'associe avec la dureté du matériel rocheux,
- le piémont est caillouteux, sa composition lithologique a favorisé son style de plissement, elle permettra la conservation de certaines formes de relief,
- la plaine est limoneuse, plane, recouverte de sédiments meubles relativement récents. Dans son uniformité, il est difficile de lire le passé géologique. Mais ce passé a inscrit ses marques dans le relief.

Emergeant de la plaine : les reliefs volcaniques du Sud; ici aussi, la lithologie s'associe avec la jeunesse des reliefs. La structure cristalline du matériel rocheux et le climat plus aride donnent des formes originales.

- l'Anti-Elbourz possède une lithologie très diverse; marnes, calcaires, conglomérats, roches cristallines offrent une gamme variée de dureté et de formes de relief. Mais sa relative stabilité tectonique et une aridité marquée nuisent à l'évolution des formes.

7.- LE FACTEUR ANTHROPIQUE.

7.1 - INFLUENCE SUR LA VEGETATION.

Comme nous l'avons dit ci-dessus au sujet de la végétation, la région de Téhéran doit son aspect relativement verdoyant à une continuelle irrigation.

Sans le facteur humain, le paysage différerait peu des piémonts semi-arides qui longent l'Elbourz. Chaque tache de verdure, chaque bouquet d'arbres, chaque champ, doit son existence à l'eau. Plus que l'écoulement superficiel, c'est l'irrigation qui a favorisé la mise en valeur agricole. Actuellement, la quasi-totalité de la végétation de la région de Téhéran est due au travail de l'homme.

Le sol est régulièrement labouré mais la sécheresse estivale ne permet pas de cultures sans irrigation. De grandes étendues de terres demeurent de nombreux mois sans couverture végétale. La récupération systématique des résidus des cultures et des chaumes (nourriture des animaux, combustibles, matériaux de construction) prive le sol de son moyen de fixation naturel et de tout engrais. Le travail de la terre fournit des éléments meubles aptes à être emportés par le vent.

7.2 - INFLUENCE SUR LE RUISELLEMENT.

Le ruissellement superficiel naturellement très divisé, loin d'être fixé, a été encore plus divisé en un inextricable réseau de rigoles. Des villages se concentrent aux débouchés des oueds, à la sortie des reliefs. Ils sont construits sur les terrasses et l'oued coule plusieurs mètres ou dizaines de mètres en contrebas. Afin d'avoir l'eau à la portée de la main, les paysans creusent ou bâtissent en surplomb, des canaux qui captent loin en amont dans le lit montagneux les eaux du torrent. La totalité de l'écoulement peut être capté par ces moyens.

La rivière Kan a toujours de l'eau au débouché des reliefs. Mais seules les crues franchissent le pont sur la route de Karadj (à 8 km des reliefs). Les canaux de dérivation captent tout le débit dès la fin du printemps.

La ville de Téhéran est construite en grande partie sur les cônes de déjection actuels. Les habitations envahissent les lits des oueds qui paraissent secs. Les oueds majeurs sont étroitement endigués entre les rangées de maisons. La ville offre à l'écoulement sa surface imperméabilisée (180 km²). La ville ne possède pas d'égoûts. Le ruissellement se fait par des caniveaux en voie de cimentation, leur section est nettement insuffisante. La rupture de pente piémont-plaine se fait au niveau de la Place Sépah.

On imagine facilement le spectacle qu'offre Téhéran un jour de pluie ! L'écoulement concentré dévalant les gorges du piémont éclate en une lame d'eau boueuse sur les cônes, mais se heurte rapidement aux constructions. Le flot se reconcentre dans les artères de direction N-S, qui ont une grande pente. Les pluies de printemps en favorisant la fonte des neiges, produisent dans la ville une invasion de fleuves boueux qui, en quelques minutes s'accumulent sur la Place Sépah, avant de noyer les bas quartiers du Sud.

Des digues apparemment insuffisantes ont la prétention de détourner le flot de part et d'autre de la ville; une barrière de ciment détourne les eaux de la rivière Darakeh vers l'Ouest (au niveau d'Amirabad).

De même, les rivières de Darband et de Schadabad sont déviées vers l'Est en direction de Doschan-Tappeh.

7.3 - CONSEQUENCES DIVERSES.

L'irrigation dans le Sud de la plaine avec des eaux salées, favorise la concentration des sels à la surface du sol; les argiles et les limons foisonnent et se déflocluent fournissant une poussière meuble et très fine directement éolisable.

L'exploitation des carrières du Bibicharbanou provoque la disparition lente mais continue d'importants affleurements. A Mesgarabad, l'extraction abusive et non rationnelle du gypse a conduit à des affaissements spectaculaires ceinturés par de véritables failles annulaires.

Le temps "géomorphologique" n'a pas encore joué, nous n'avons pas assez de recul; mais que de modifications prévisibles dans la morphogénèse.

8.- CONCLUSION SUR LES FACTEURS DE LA MORPHOGENESE.

Au cours de l'énumération des facteurs qui définissent le milieu morphoclimatique actuel, nous avons été amenés à distinguer trois zones ayant leurs caractères propres:

- la bordure montagneuse,
- le piémont s.s.
- la plaine limoneuse.

Ces trois zones possèdent des particularités topographiques, tectoniques, lithologiques, climatiques, bioclimatiques et hydrologiques. Dans une même zone ces facteurs se superposent pour accentuer les phénomènes morphologiques. On peut donc s'attendre à une grande

richesse de formes de relief originales.

Après les pulsations tectoniques plio-villafranchiennes, et l'instauration d'un climat à tendance moyenne aride, la région de Téhéran a dû se caractériser par des paysages très voisins de ceux d'aujourd'hui.

Autrement dit, à des nuances près, les facteurs de la morphogénèse ont dû être très voisins tout au long du Quaternaire. Si on estime que les déséquilibres isostasiques jouent toujours dans le même sens mais d'une façon de plus en plus atténuée, et que le climat du Quaternaire n'a pas dû changer avec de grandes amplitudes en raison du degré de continentalité, on peut être étonné de l'instabilité des formes de reliefs.

A petites causes grands effets; nous étudierons les effets car ils sont inscrits dans le paysage ; plus tard nous essayerons de rechercher les causes.

* *

*

II.- LES FORMES LOCALES DU RELIEF.

- INTRODUCTION.

Pour définir dans ses grandes lignes le relief de la région de Téhéran, il suffit de reprendre les trois grandes zones qui se sont dégagées de l'étude géologique et de celle du milieu morphoclimatique :

- la bordure montagneuse de l'Elbourz,
- le piémont caillouteux de Téhéran, il est riche en formes de relief,
- le plateau, appelé plus couramment et localement la plaine de Téhéran. Nous trouverons le modèle classique, mais combien captivant des régions sèches : surfaces d'aplanissements, majestueux épandages, glacis emboîtés, inselbergs, dépressions salées ...

* *

*

1.- LA BORDURE MONTAGNEUSE.

1.1 - L'ELBOURZ.

1.1.1 - Jeunesse des reliefs et altitudes.

Situé dans un système en évolution tectonique constante, l'Elbourz est voué à un perpétuel rajeunissement. Ce sont des montagnes de tectonique positive et récente. Par suite les reliefs sont vigoureux.

Sur une distance horizontale de 8 km (entre Tajrich et le sommet du Mont Tauchal) la dénivelée est de 2300 m. A

cette notion de reliefs élevés, s'ajoute le critère de l'altitude et ses conséquences climatiques. Au fur et à mesure que l'on s'élève les facteurs climatiques changent.

S'élevant par rapport à un niveau de base dépendant d'une autre unité structurale, l'Elbourz présente des versants abrupts entaillés par une forte érosion. L'isotherme 0° se localise sur le versant Sud vers 4000 m.

D'après H. BOBEK (55 à 58) la limite inférieure des actions périglaciaires se situe vers 3000 m sur le versant Sud de l'Elbourz, mais cette limite s'est abaissée jusqu'à 2300 m au cours de la dernière période froide.

Par suite de l'influence de l'aridité, la neige ne persiste que pendant la saison froide. Mais l'ensoleillement est tel que la neige peut fondre plusieurs fois au cours d'un même hiver.

L'action mécanique de l'alternance gel-dégel est dominante. Les éboulis de pentes sont abondants au-dessus de 2500 m. Le dégel provoque des phénomènes de solifluxion avec des décolements formant des bourrelets au bas des versants. Ces bourrelets sont bien visibles dans la vallée de Kan au village de Sulqan (1500 m). Les loupes de glissement ont 1 à 5 m de large et donnent des boursouflures typiques.

1.1.2 - Les torrents de boue.

Au printemps, les roches meubles et les éboulis fins imprégnés d'eau entrent en mouvement, généralement le long des thalwegs abrupts des "roches vertes", puis prennent de la vitesse et se transforment en torrents boueux très visqueux et étroits (1 à 2 m) qui chassent les blocs latéralement; les versants (vers 1500 m) sont sillonnés par des rigoles de matériel meuble, limitées par des talus pierreux de 50 cm de haut. A la base, le sillon peut se terminer par un petit cône. Le long d'une pente, plusieurs sillons peuvent se recouper. Le phénomène est très superficiel, il semble que la coulée boueuse glisse sur un substratum solide ou consolidé ou tout simplement non détrempe.

Le même phénomène se répète après une pluie violente mais courte : le torrent boueux se localise dans le thalweg et n'implique que les parties meubles supérieures.

Ces sillons de couleur claire, sont fréquents dans les vallées de l'Elbourz, et affectent surtout les argiles de décomposition des "roches vertes".

1.1.3 - Les éboulis.

Au-dessous de 2500 m les versants ne portent pratiquement pas des éboulis. Il faut dire que ces versants sont très abrupts et se terminent sur des torrents encaissés qui emportent immédiatement les débris.

En effet, les éboulis assez volumineux ne sont fournis que par les tufs verts, très durs, qui forment des reliefs en falaises ou en côtes. Les schistes calcaires noirs à morphologie plus molle, ne donnent que des débris fins.

Dans l'état actuel des choses, il semble que le ruissellement est suffisant pour véhiculer les produits de l'érosion.

1.1.4 - Les produits de l'érosion.

Ils varient beaucoup avec la composition lithologique.

D'une façon générale, les bancs siliceux s'altèrent en petites boules de quelques centimètres de diamètre.

- Les schistes noirs, en lamelles épaisses, oblongues, effilées aux extrémités, aux arêtes vives. A un stade postérieur, ces lamelles se fragmentent en cubes de 2 mm de côté ou en "grain de riz". A la limite, le tout se transforme en une terre noire qui ennoie les versants. Il en résulte une morphologie assez molle favorable à la solifluxion.

Mais l'encaissement des thalwegs empêche les formes lourdes, seuls les sommets sont arrondis (affecte les couches E3b et E3d).

- Les roches cristallines à cristaux assez gros s'érodent par desquamation pelliculaire ; une arène jaunâtre jalonne les bas de pentes. Les dykes fournissent de grosses boules qui encombrant les lits des torrents ; à Kichar Pain dans la vallée du Kan, un

dyke s'est fractionné en blocs énormes arrondis, dont l'ammoncellement barre la vallée étroite. Ainsi, il existe des blocs "émoussés" avant de subir l'action des eaux torrentielles. On ne s'étonnera plus de la présence d'éléments aussi grossiers dans les alluvions du piémont.

- Les tufs finement cristallisés donnent des éclats anguleux. Ces éclats s'accumulent en éboulis secs, très perméables.
- Les tufs vert-foncé lités (10 cm d'épaisseur) se débitent en prismes perpendiculaires à la stratification. Ils sont très friables ; ils donnent des reliefs ruinés avec de nombreux éboulis riches en éléments en baguettes.
- Les tufs finement lités ou les schistes noirs très calcaires sont parcourus par des cassures en "baïonnette" qui favorisent le décollement de petites dalles losangiques.
- Les tufs vert-pistache, massifs recherchés pour la construction ne fournissent pas de débris visibles.

1.1.5 - Les formes d'accumulation.

Cà et là, des cônes de déjection anciens sont suspendus aux versants, tronqués par le torrent actuel, encore sillonnés par les saignées claires des coulées du boues.

Ces cônes se rattachent à la terrasse moyenne (âge des dépôts "C"). Les versants sont quasi stériles. Les seules tâches de verdure sont les cultures qui s'étagent sur la moyenne terrasse.

Il n'y a pas de terrasse supérieure dans les vallées du Nord de Téhéran. Les phases de creusement successives ont dû les détruire.

1.1.6 - Le verrou de Farahzad.

Signalons la vallée remblayée de Farahzad. Au Nord du village du même nom, un verrou dû à la traversée du lit par des couches de tufs durs et à l'amoncellement de gros blocs, a favorisé une forte accumulation d'alluvions qui a remblayé la vallée.

La dénivellée est de 200 m. Le remblaiement s'est effectué sur 2 km vers l'amont. La rivière se perd en surface, pour ressortir à la base du verrou. La surface de remblaiement est très plane et n'a pas été affectée par le creusement actuel.

1.1.7 - Les torrents.

L'écoulement est concentré dans les lits encaissés en voie de creusement. A part de gros blocs, les plages de galets sont rares dans les rivières du versant Sud de l'Elbourz. Donc, la puissance l'emporte sur la charge.

Ceci confirme le manque d'abondants dépôts de pente. L'écoulement est hiérarchisé dans les rivières importantes comme le Kan.

Mais les autres cours d'eau sont des torrents à bassins de réception réduits, drainés par un axe principal rectiligne collectant les eaux d'affluents eux aussi rectilignes et parallèles entre eux. La hiérarchisation est donc peu poussée. Situées légèrement au dessous de la zone régulièrement enneigée en hiver, ces rivières n'évacuent que de faibles volumes d'eau. L'écoulement est saisonnier, le creusement et la sédimentation le sont aussi.

La surface drainante de ces rivières est faible. La puissance de ces cours d'eau est limitée par la faiblesse de l'impluvium. Une telle faiblesse, si elle permet l'élimination des débris dans l'Elbourz ne permettra pas le transport de ces alluvions bien loin hors des reliefs. Ceci est un caractère permanent : il règle la sédimentation sur le piémont.

1.1.8 - En résumé,

le versant Sud du Mont Tauchal présente des reliefs jeunes, escarpés, pauvres en éboulis ; les rivières creusent et les dépôts alluviaux sont réduits.

Le creusement a détruit les formes d'accumulation anciennes ; seule, persiste la moyenne terrasse (cours moyen du Kan) à laquelle se raccordent parfois des lambeaux de cônes de déjection suspendus.

1.2 - L'ANTI-ELBOURZ.

1.2.1 - La prédominance de la lithologie.

La stabilité relative de ce massif, qui a pu se rejoindre à la fin du Pliocène, mais qui n'a pas dû ressentir les pulsations mineures ultérieures, ainsi que la monotonie d'un climat essentiellement aride, ont laissé une grande importance au facteur lithologique dans l'élaboration des formes du relief.

La gamme des duretés des roches est très variée.

On retrouve les formes classiques :

- combes et "bad-lands" dans les marnes du Lias,
- entablements émoussés des grès liasiques,
- entablements en falaises des calcaires jurassiques perchés sur des talus liasiques à pentes adoucies,
- plateaux monotones sur les conglomérats crétacés et éocènes,
- buttes témoins perchées des calcaires Campaniens qui forment les sommets du Sépayeh,
- sommets tristes et ruiniformes des calcaires dolomitiques du Trias,
- falaises massives et sombres des calcaires à silex du Turonien,
- les roches éruptives et volcaniques ont des reliefs variés.

Les roches du massif grano-dioritique et ses faciès de bordure donnent en général des formes molles ou en creux. Les dykes laissent des sillons. Les dalles calcaires "flottent" sur les croupes molles.

L'érosion se fait par desquamation et en boules. Les bas de pentes sont noyés par les arènes meubles.

A Qasr-é-Firouzeh, un évidemment tapissé d'arènes de couleur claire marque l'emplacement du massif grano-dioritique.

Par contre les roches volcaniques du type andésitique, violacées ou noires, fournissent des éboulis anguleux, tranchants, parfois lamelleux et sonores. Ils donnent des éboulis secs sans éléments terreux.

L'altération attaque d'abord les feldspaths ; il en résulte une roche grêlée de petites cavités.

Les trachy-andésites rouge violacé se débitent en gros cubes. Les trachytes clairs, friables, sont évidés.

1.2.2 - Surfaces d'érosion.

Une surface d'érosion située vers 1700 à 1800 m d'altitude a uniformisé la hauteur des sommets. Il en reste des vestiges dans les environs de Turkman-Deh où elle affecte surtout les conglomérats sénoniens ; au Sud de Kouh-é-Sépayed, on la retrouve à Dohak.

Mais, elle est profondément dégradée. Son âge est indéterminé (fin Tertiaire ?) (post-Villafranchienne ?).

Des placages d'alluvions encroûtées recouvrent cette surface; des conglomérats crèmes se raccordent avec la haute terrasse. Nous en faisons du "B".

Entre Tambakouh et Lipazanak, les croupes surbaissées des collines volcaniques laissent supposer un ancien pédiment qui aurait aplani les premiers contreforts de l'Anti-Elbourz.

Dans les lits des oueds actuels, s'étagent deux niveaux de terrasses (exception faite du lit majeur quand il existe) :

- A Lipazanak (fig. 41), un niveau conglomératique, crème, très cimenté, épais de 2 m repose à 12 m de hauteur sur une surface horizontale nette, taillée dans les conglomérats rouges sénoniens redressés à 60° S. Ces alluvions protègent les interfluves.

Age probable : "B" (Haute terrasse).

Une autre terrasse de 4 m d'épaisseur, dont la base est située à 1 m au dessus du lit actuel est formée par des cailloutis anguleux très fins, noyés dans un ciment calcaire crème, très

dur. Cette terrasse repose aussi sur les conglomérats rouges par l'intermédiaire d'une surface très plane.

Cette terrasse est identifiée au "C" (moyenne terrasse). Ainsi, sur une surface érodée, s'est déposée la terrasse "B". Une période de creusement a provoqué l'enfoncement du cours d'eau d'une douzaine de mètres.

Puis, une nouvelle phase de sédimentation avec la terrasse "C". Actuellement, l'oued creuse 5 m en contre-bas du sommet de la terrasse moyenne.

Donc, une conclusion s'impose : jamais le creusement n'a été aussi poussé qu'à l'époque actuelle.

Entre Qasr-é-Firouzeh et Mesgarabad, et le long de la route de Varamine entre le Bibicharbanou et Lipazanak, on décèle de nombreux dépôts encroûtés de "B" (entre 1200 et 1300 m). L'étude de la répartition des terrasses et des épandages d'alluvions "B", montre que le réseau hydrographique actuel a été mis en place au moins depuis le Pléistocène moyen.

Les alluvions "B" débordaient largement de part et d'autre du lit actuel ; on retrouve des lambeaux de conglomérats sur les collines volcaniques.

1.2.4 - Le piémont de l'Anti-Elbourz.

Dans ses parties Ouest et Sud, le massif de l'Anti-Elbourz est bordé par un piémont alluvial, formé par la coalescence de cônes de déjection très plats dont les apex pénètrent dans les reliefs. Donc, le glacis alluvial arrive au contact du volume montagneux et le pénètre par des embayments.

Vers le Nord, ce glacis se raccorde avec le piémont de Téhéran. A l'approche des reliefs, les cônes s'emboîtent dans les formations encroûtées "B".

Ces deux formations se confondent rapidement vers l'aval. Ce glacis d'épandage nous semble contemporain de l'âge de "C". Il supporte quelques rares incisions se terminant par des cônes de déjection réduits, très peu épais, qui ne réussissent pas à masquer les cailloutis du dessous. Ces nouveaux cônes diffus se distinguent par leur couleur claire ; ils s'étalent et épousent la surface du glacis "C".

Ces incisions et ces épandages réduits en épaisseur sont actuels. Ils représentent le "D".

Le faible développement de ce "D" indique un net ralentissement dans les actions morphogénétiques. A part un léger creusement local des lits des oueds, l'érosion est très réduite.

Alors que le piémont et la plaine de Téhéran sont alimentés par les eaux collectées sur les versants de l'Elbourz, le Sépayeh ne bénéficie pas d'apports extérieurs. Les 200 ou 250 mm de pluies ne suffisent pas pour entretenir un écoulement durable. Le morcellement en bassins versants de faible superficie aggrave les effets de cette aridité.

Ceci implique la parfaite conservation du glacis "C", l'écoulement actuel emprunte les anciens chenaux ; les épandages pelliculaires se superposent et se confondent avec les épandages antérieurs. Le glacis "C" lui-même, se dégage à peine des cônes-glacis "B".

1.2.5 - Résumé

Nous pouvons conclure que :

- Le réseau hydrographique du Sépayeh existait semblable à celui d'aujourd'hui, au moment du dépôt du "B".

Il a dû se mettre en place après la phase tectonique plio-villafranchienne (?) et commencer à démanteler la surface d'érosion (Villafranchienne ?) dont on retrouve les traces entre 1700 et 1800 m

- Cette superposition de l'écoulement implique une grande stabilité tectonique et climatique

S'il y a eu un soulèvement, il a été très faible. Mais de faibles variations climatiques suffisent pour expliquer l'étalement des deux principales terrasses.

A part quelques nuances, certainement peu marquées, le climat du Quaternaire s'est traduit dans le Sépayeh par une déficience de l'écoulement

2. - LE PIEMONT DE TEHERAN (s.s.).

Zone de transition entre l'Elbourz et le Plateau Central, le piémont de Téhéran est profondément marqué par les actions climatiques et tectoniques.

Climat et tectonique marchent de pair pour façonner des formes originales. Mais il en résulte une profonde confusion. Faire la part de l'un ou de l'autre ne sera pas facile.

Le piémont est caractérisé essentiellement par des formes d'accumulation.

Le piémont détritique se raccorde immédiatement avec les reliefs. Aux débouchés des vallées importantes, le piémont se continue vers l'amont en embayments de faible ampleur.

Comme nous l'avons vu au cours de l'étude stratigraphique, quatre formations principales se distinguent dans l'imposante masse alluvionnaire.

Comment reconnaître morphologiquement ces différentes formations ?

- par le degré d'érosion qui se traduit par des réseaux de thalwegs typiques,
- par la couleur,
- par l'étalement par rapport au lit actuel.

2.1 - LE DEGRE D'EROSION DES FORMATIONS ALLUVIALES (fig. 42).

2.1.1 - Les alluvions "A".

Il est disséqué par un réseau de thalwegs si dense, que les principaux affleurements au Nord-Est de Téhéran s'appellent les "Hézar-dareh", c'est-à-dire "les Mille Vallées".

L'érosion linéaire récente a imposé un tracé rectiligne aux principaux thalwegs. Mais les grands interfluvés situés entre les oueds principaux, sont cisellés par

des entailles en V, sinueuses, possédant quelques affluents. Mais ce qui caractérise le plus ce réseau, c'est la présence d'une multitude de ravins rectilignes, et parallèles entre eux, qui festonnent tous les versants.

Les interfluves sont aigus. Il existe des crêtes maîtresses ; les thalwegs rayonnent autour du plus haut point.

Un très bel exemple de cette morphologie s'observe dans la colline de Qeytarieh au Sud de Tajrich.

Les interfluves aigus et les versants abrupts indiquent une certaine jeunesse du relief malgré une tendance à la hiérarchisation des cours d'eau.

Une telle morphologie, assez fouillée dans le détail s'est établie dès le Quaternaire ancien et n'a pas été altérée dans ses grandes lignes par les cycles morphoclimatiques qui se sont succédés.

Cette morphologie est aussi la résultante de plusieurs cycles d'érosion. Même les formations "A" qui ont été ennoyées sous les dépôts "B" et qui sont actuellement sub-affleurantes, laissent deviner cette topographie frippée sous la fine couverture résiduelle.

La conservation de cette morphologie ancienne laisse supposer une certaine uniformité dans les agents de l'érosion.

2.1.2 - Les alluvions "B".

La morphologie est aussi très typique. Le "B" forme des reliefs assez mous, mais qui se dégagent toujours au-dessus du glacis moyen.

La surface est ravinée, mais bien moins que celle du "A". En général, le "B" se présente sous forme de plans inclinés représentant les restes d'anciens glacis, disséqués par un réseau de thalwegs parallèles. Il n'y a pas de thalwegs élémentaires. Par suite, les interfluves sont beaucoup moins fouillés que pour le "A". Ces interfluves sont arrondis en croûpes.

Dans le "A", les vallées divergent fréquemment à partir de points hauts. Ces derniers n'existent pratiquement pas dans le

"B". Les vallées se parallélisent à partir d'une ligne de crête ou d'une rupture de pente.

Une telle disposition montre que l'écoulement qui a façonné ces glacis était diffus et que la concentration ne se faisait qu'au niveau des vallons.

2.1.3 - Les alluvions "C".

Elles forment des glacis unis peu incisés. Ils ne sont attaqués par l'érosion que depuis peu. Le ruissellement diffus domine sur la quasi totalité de la surface du "C" ; mais, l'érosion linéaire actuelle, trace des sillons profonds au droit des oueds principaux. Parfois, des rigoles rectilignes, et parallèles fripent la surface du "C".

2.1.4 - Les alluvions "D".

Elles se différencient bien plus par la couleur que par la morphologie. Les formes les plus représentatives sont les accumulations des cônes de déjection à surface caillouteuse unie.

2.2 - LA COULEUR DES FORMATIONS ALLUVIALES.

Les couleurs sont dûes aux conditions climatiques qui régnaient au moment du dépôt, aux phénomènes d'altération qui ont affecté ces formations après leur sédimentation, et à la couleur propre des éléments.

2.2.1 - Les cailloutis "A".

Ils sont en général de couleur claire : gris-vert. Cette couleur est due à l'homogénéité, de la sédimentation, de la lithologie (roches vertes) et de la faible proportion des éléments terreux. Ces derniers, quand ils existent, sont suffisamment isolés et localisés pour ne pas nuire à la couleur de l'ensemble.

En surface, des sols fossiles postérieurs donnent des teintes rouges. Ces sols rouges recouvrent en général des accumulations calcaires blanches.

Selon le degré d'érosion de ces sols en voie de disparition, la teinte dominante peut varier ; les sommets des Hézadareh sont rouge foncé . Les versants immédiats, décapés par l'érosion, ont une blancheur crayeuse.

Mais les sols sont rares sur l'ensemble des alluvions "A". Donc la couleur gris clair domine.

2.2.2 - La formation "B".

Hétérogène, elle peut être colorée dans les teintes rouges, au sein même des dépôts.

La coloration rousse est surtout marquée vers la surface par les phénomènes d'encroûtements qui se sont accompagnés de dépôts terreux rouges.

Très souvent, les terres ont disparu et ce sont les conglo-mérats encroûtés à galets verts et à ciment gris ou crème qui affleurent. Mais, par percolation, à partir des anciennes couches terreuses, la surface des conglo-mérats s'est teintée, si bien que dans l'ensemble, le "B" est plus foncé que le "A".

2.2.3 - La surface des alluvions "C".

Elle est la plus sombre ; à la couleur rousse de la masse, due à la forte proportion des éléments fins, s'ajoute celle des altérations climatiques. L'érosion n'a que très peu décapé les sols superficiels.

2.2.4 - Les cailloutis "D".

Enfin, les accumulations torrentielles "D" se caractérisent par leur couleur très claire. Les éléments fins sont entraînés plus loin vers l'aval. Le remaniement des dépôts à chaque crue, empêche les effets de la rubéfaction.

Toutefois, les alluvions modernes tenues à l'écart des remaniements par suite des divagations des oueds, (surfaces "non fonctionnelles q4a"), prennent déjà une légère teinte rousse ; le remaniement des éléments fins du "C" généralement en surplomb, peut être à l'origine de cette coloration. De plus, ces zones peuvent correspondre aux lits majeurs, sièges des épandages limoneux au cours des crues.

Ainsi, l'analyse rapide des nuances des grisés, rend de grands services au cours de la reconnaissance sur photographies aériennes.

Sur le terrain, ces détails sont moins observables et il est préférable d'étudier les étagements des formations.

2.3 - LES FORMES ETAGEES DU PIEMONT.

On appelle ainsi toutes les surfaces d'accumulation ou d'érosion qui s'étagent à des niveaux différents au-dessus du lit actuel des oueds.

On compte régulièrement trois niveaux distincts plus une surface qui n'est nette que dans la zone des Hézardareh et à Rey.

2.3.1 - Le niveau inférieur (glacis inférieur).

Le niveau le plus bas est celui qui est occupé par le lit actuel ou par le lit majeur.

Le lit majeur et le lit mineur sont très souvent confondus dans les cours encaissés. L'écoulement correspondant presque toujours avec des crues, c'est toute la largeur de la vallée qui est recouverte par les eaux.

Le creusement actuel a tendance à détruire les terrasses basses. Il en existe dans le lit de la rivière Kan. Ce sont en fait des paliers d'érosion entaillés dans un cône ancien au cours du méandrement : malgré l'étagement et une couverture de galets, on ne peut donc parler de vraies terrasses.

Il existe un replat vers 60 cm (lit majeur).

On distingue encore deux niveaux : un à 2 m, l'autre vers 5 m.

Vers l'aval, au débouché des reliefs (ces reliefs pouvant être les formations alluvionnaires antérieures), lits majeur et mineur se confondent en cônes de déjection-glacis. Ce n'est qu'à ce niveau que l'on peut parler de surface inférieure.

La charge l'emportant sur la puissance, à chaque crue, une nouvelle couche de galets se dépose. Ces cônes-glacis s'épanouissent au Sud de l'alignement d'Abbassabad.

Ce glacis d'accumulation forme la ceinture la plus extérieure et la plus basse du piémont s.s. Elle joue un rôle très important dans la morphogénèse actuelle, car elle sert de niveau de base à la plupart des cours d'eau descendant de l'Elbourz.

Ce niveau inférieur correspond au dépôt des alluvions "D".

Notons que la surface de ce niveau inférieur correspond dans les parties encaissées, à un stade dans le creusement du lit, et sur les cônes de déjection à des surfaces d'accumulation. Ainsi, sur une courte distance, creusement et accumulation coexistent sous des conditions tectoniques et climatiques identiques.

2.3.2 - Le deuxième niveau (glacis moyen).

Le deuxième niveau consiste en un glacis d'accumulation relativement continu en extension et bien conservé. Sa surface porte peu de traces d'érosion. Il correspond à la surface des dépôts alluviaux "C".

Ce glacis constitue de par sa surface aplanie et son extension le support des accidents du piémont ; les collines semblent émerger de sa surface.

Il correspond à la coalescence d'anciens cônes de déjection et à des nappes d'épandage de cailloutis.

Le ruissellement diffus et l'écoulement en nappes l'ont façonné. Vers l'amont, il pénètre dans les vallées pour former les terrasses moyennes.

Le creusement actuel a transformé localement ce glacis en glacis-terrasse. Le niveau inférieur est emboîté très nettement dans le glacis moyen. Vers l'aval, au niveau des cônes de déjection actuels, ces deux glacis se confondent.

Mais, rapidement, des dénivellées importantes différencient ces deux niveaux. L'encaissement varie suivant l'importance de l'oued, c'est-à-dire, suivant sa puissance et suivant les structures traversées.

Nous avons relevé des hauteurs variant de 7 m au pont du Kan sur la route de Karaj, à près de 20 m au niveau du village de Kan. A Farahzad, l'encaissement de la rivière dans le glacis moyen est d'environ 35 m. A Darakeh : 30 m. A Lachkarak : 25 m. (Djadjeroud). 30 m à Pol-i-Djadjérout.

Pour fixer les idées, nous dirons que la terrasse moyenne ou terrasse principale se situe à la sortie des reliefs vers 25 ou 30 m. Mais, en raison de la conformation du piémont, des placages d'alluvions anciennes remaniées sous forme de "C", peuvent dominer des cônes de déjection du même âge et ce, de plusieurs dizaines de mètres.

Ce glacis, n'ayant pas subi d'érosion notable, on peut dire que son extension actuelle est la même que l'originale. Il est intéressant de souligner que le glacis principal est un glacis d'accumulation qui ne semble pas avoir subi des aplanissements par érosion. Aucune surface plane ne l'entaille, sauf naturellement, le glacis inférieur.

Ce glacis moyen peut être fonctionnel localement. En dehors des oueds, le ruissellement en nappe le recouvre au cours des pluies.

2.3.3 - Le glacis supérieur.

Quand on regarde le piémont depuis la route de Mehrabad et depuis celle d'Ab-Ali (au niveau de Djavadieh par exemple), il est aisé de voir que des surfaces tabulaires tronquent les collines.

Cette surface d'érosion coupe d'une façon générale les sommets des alignements anticlinaux.

Des plans légèrement inclinés constitués d'alluvions "B" se raccordent à ces surfaces tabulaires. Ce sont les anciens glaciers d'accumulation du "B".

Localement, là où il ne persiste plus qu'un mince placage résiduel, la topographie du "A" semble montrer une surface en voie d'exhumation. Cette surface a conservé son réseau de vallées original.

Les affleurements de "A" ainsi mis à jour sont actuellement dans une phase d'érosion plus active que celle qui affecte le "glacis "B". En effet, les encroûtements protègent les entablements de "B", alors que le matériel du "A" est peu cimenté ; de plus, ce sont en général les charnières anticlinales qui sont érodées si bien que les couches inférieures du "A", limoneuses et friables affleurent.

- Altitudes.

La surface d'érosion se situe vers 1375-1390 m dans l'alignement d'Amirabad-Abbas Abad.

Mais, l'altitude moyenne de cette surface se localise vers 1550 m (Vanak, Pounak, Elayeh, Qeytarieh, Armanieh, Schyan, Qassemabad ...). Des sommets émergent de cette surface : 1550 m (Hilton), 1560 à 1600 m dans l'alignement de Schyan Madjebad.

Le glacis "B" n'a pas dû exister au-delà de 1650 m ou de 1700 m dans la région de Hézardareh. Le long du pied de l'Elbourz, des paliers s'observent vers 1740 m. A Evin (sommet du glacis-terrasse "B") et vers 1780 m à Darakeh. La tectonique du piémont nous a enseigné que des failles ont permis un étagement en gradins depuis le pied de l'Elbourz jusqu'à la dépression de Mahmoudieh. Nous rattachons ces paliers à la surface d'érosion qui arrose les autres alignements.

- Hypothèses.

Sur une surface d'érosion post-"A", déformée par la tectonique, s'est développé un glacis d'accumulation "B" qui a rempli les dépressions tant tectoniques que d'érosion. Des sommets de "A" émergeaient au delà d'une certaine altitude ; les alignements anticlinaux ont été ennoyés en général, mais sous une faible épaisseur

en raison des mouvements tectoniques permanents ; les alignements de "A" ont joué pendant longtemps le rôle de reliefs qui alimentaient en partie les dépôts "B".

Le glacis "B" a aussi subi les effets lointains de cette tectonique. Les épandages de "B" s'articulent sur les alignements de "A".

Le décapage postérieur (grande phase de creusement post-"B" et actuel) a permis l'exhumation de l'ancienne surface d'érosion. Ainsi, d'après ces hypothèses, la surface qui tronque les alignements anticlinaux du piémont est plus une surface exhumée que l'oeuvre d'un aplanissement post-"B".

- Dénivelées.

Donnons quelques valeurs des dénivelées qui existent entre le lit actuel des oueds et le sommet de cette surface (valeurs approximatives) :

- 125 m sur la rive droite du Kan à la sortie des reliefs,
- 50 m à l'Est de Bagh-é-Feyz, dans les gorges du Farahzad Roud,
- à Evin 140 m séparent la surface du "B" de celle du "C", et 165 m la surface de ce même "B" avec celle du "D",
- à Darakeh 55 m entre le "A" et le "C" et 85 m entre le sommet de la surface du "A" et celle du lit actuel,
- à Lachgarak la haute terrasse est à 100 m au-dessus du lit du Djadgeroud,
- à Pol-i-Djadjeroud (sur la route d'Ab-Ali un peu à l'Est de notre carte) la haute terrasse est perchée à plus de 210 m.

2.3.4 - Le haut niveau des Hézardareh.

Vue depuis la ville de Téhéran, la crête des Hézardareh est constituée de sommets d'altitude concordante.

Depuis le col de la route de Lachgarak, on peut voir des lambeaux assez bien conservés d'une ancienne surface d'érosion, aujourd'hui-

hui réduite à des lanières d'interfluves qui dessinent des sinuosités vers l'altitude 1900 m.

Cette surface est soulignée par un recouvrement de sol brun-rouge, surmontant des encroûtements et des accumulations calcaires (3 à 4 m), (fig. 20).

Ces sols sont localisés sur les interfluves ayant conservés une pente faible : les versants sont dénudés en raison de leur raideur. Cette surface se suit sur les contreforts de l'Elbourz aux environs du village de Schouanak ; les roches vertes sont recouvertes de sols rouges qui permettent quelques cultures. La rivière Djadjérout coule 300 m en contrebas.

Vers l'Est il doit être possible de retrouver des indices de cette surface toujours vers 1900 m.

La couche de terres rouge brun est certainement ancienne, car elle est affectée par la multitude de thalwegs qui caractérise la morphologie du "A".

Cette surface ancienne peut-elle correspondre à celle que l'on a décrite dans le niveau supérieur ? Ce n'est pas à exclure, étant donné la vigueur des actions tectoniques (Villafranchiennes ?). Cette surface a pu être surélevée par le rejeu de la structure anticlinale des monts du Latyan.

Mais, nous pouvons tout aussi bien être en présence d'un haut niveau affecté par la tectonique, plus ancien que les trois précédents.

2.3.5 - Résumé.

Il est possible de distinguer dans le piémont de Téhéran, trois à quatre glacis ou terrains étagés. Le glacis moyen, largement étalé, forme l'étagement fondamental du piémont. Il se termine en terrasse au-dessus des oueds actuels. Son profil longitudinal est assez tendu, mais concave dans l'ensemble ; vers l'aval, il se confond avec le niveau inférieur. Son profil transversal présente localement des convexités qui décèlent la présence de cônes de jéjection coalescents.

C'est un glacis d'accumulation.

- Emboité dans le glacis moyen, le glacis inférieur ne mérite ce nom qu'au niveau des épandages. Normalement, il se réduit à la basse terrasse souvent confondue avec le lit majeur.
- Le niveau supérieur est complexe ; un glacis d'accumulation "B" encroûté, s'articule sur une surface d'érosion ancienne qui affecte les cailloutis "A". Cette ancienne surface est en voie d'exhumation.

La tectonique a favorisé le morcellement de cette surface qui se retrouve ainsi par paliers à des altitudes variables.

- L'existence d'un quatrième glacis n'est pas à exclure ; il se réduit à des lanières d'interfluves et uniformise les crêtes des plus hauts affleurements de "A".

* *
*
*

3.- LES FORMES ETAGEES DE LA PLAINE DE TEHERAN.

La plaine a une origine polygénique. Plusieurs glacis d'accumulation s'étagent, retouchés par des surfaces d'érosion. Les limons, de toute évidence, proviennent de l'épandage des matériaux fins entraînés depuis le piémont par un écoulement résiduel.

Ils correspondent à la ceinture sédimentologique externe des piémonts caillouteux.

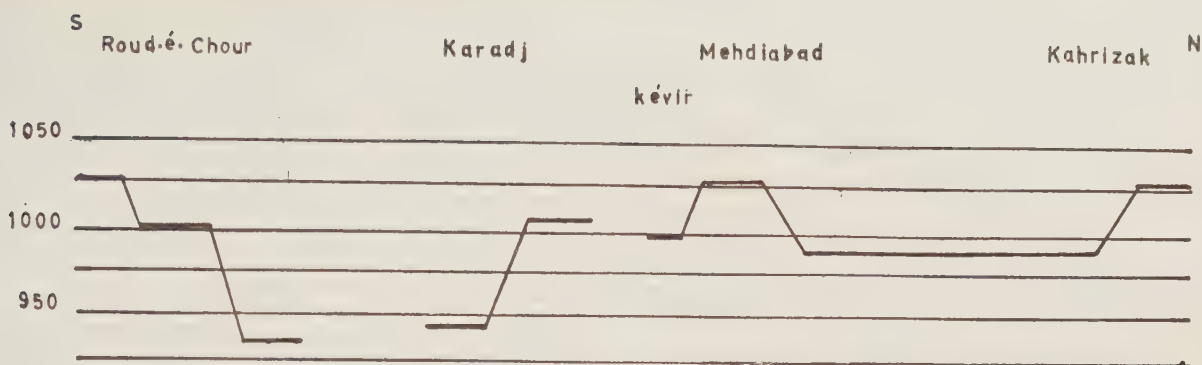


fig.39 Les niveaux étagés au Sud de Téhéran.

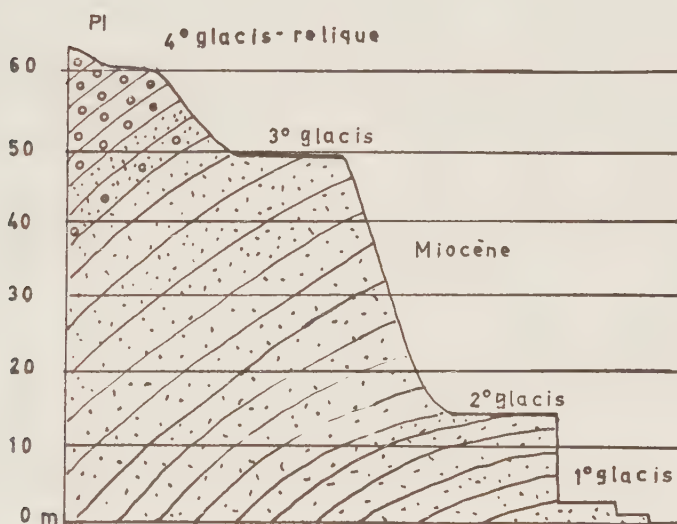


fig.40 Les niveaux étagés du Karadj au SW du Kouh-é-Arath.

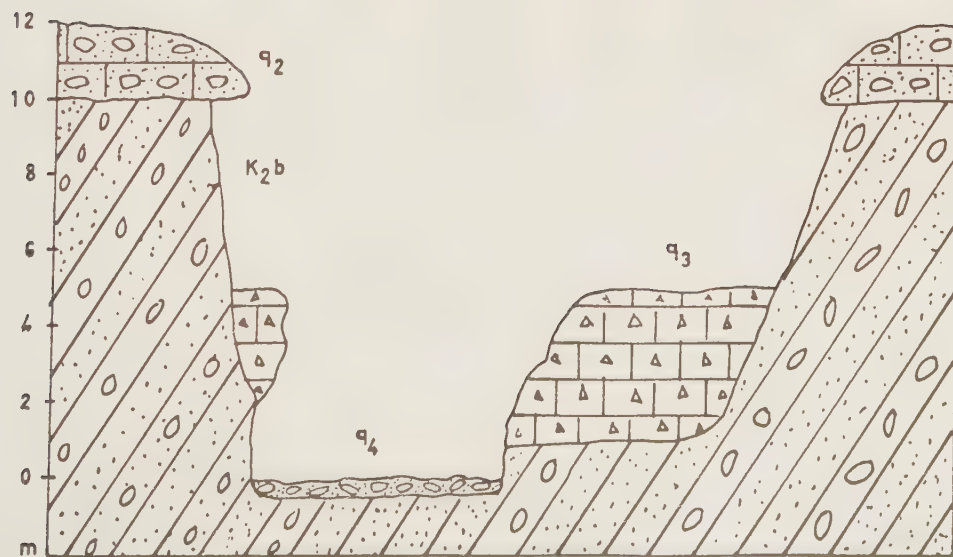




Fig. 42

Légende de la figure 42 ~ RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE AU 1/10.000 DES HEZARDAREH.

Région de Talo-Pahin. Extrait de la carte "Lar Valley Project" de Sir A. GIBBS.

La courbe de niveau 1700 délimite deux zones morphologiquement distinctes. Au-dessous de cette altitude, les courbes de niveau ne s'infléchissent qu'au passage des thalwegs principaux. Tous les thalwegs sont parallèles entre eux.

Il n'existe pas de thalwegs élémentaires. Les interfluves sont des croupes arrondies.

Ces particularités décèlent une ancienne surface plane, de pente moyenne, façonnée par le ruissellement diffus ; l'écoulement ne se concentre qu'au niveau des thalwegs principaux. Il y a tendance à l'érosion linéaire dans les vallons, ce qui permet la coexistence sur de grandes distances, de deux thalwegs parallèles très rapprochés l'un de l'autre.

Il n'y a donc pas de hiérarchisation.

Le parallélisme des thalwegs se poursuit jusqu'à leurs origines.

Les "sources" s'alignent le long de la rupture de pente que souligne la courbe 1700.

Nous venons de caractériser un ancien glacis d'accumulation "B" qui s'articule sur les formations plus anciennes "A".

Au-dessus de la courbe 1700, le tracé des thalwegs est plus sinueux ; il existe des thalwegs élémentaires ; il en résulte un découpage topographique plus complexe. Les vallons divergent à partir du sommet (courbe 1900). La pente est plus forte ; les interfluves sont plus aigus.

Ces formations ont subi plusieurs phases d'érosion, ce qui explique un découpage plus poussé que celui du glacis précédent.

L'érosion actuelle s'exerce surtout au niveau des oueds (en pointillé) ; elle est du type linéaire.

3.1 - LE GLACIS INFÉRIEUR.

3.1.1 - Définition et localisation.

Tout comme dans le piémont caillouteux, nous appelons glacis inférieur une surface d'accumulation qui a une individualité dans les oueds importants.

Le glacis inférieur ne prend de l'importance qu'en bordure du kévir Masileh après sa jonction avec le Karadj et une branche du Djadjeroud.

Dans la région, ce glacis se réduit à une terrasse inférieure, souvent confondue avec le lit majeur lorsque le lit est suffisamment large, ou avec le lit mineur lorsqu'il est encaissé.

Il correspond au lit actuel de la rivière Kan, notamment dans son cours encaissé au niveau des villages de Dutuyeh Bala et Païn.

Les éléments les plus détritiques sont des graviers fins de roches vertes ou de roches volcaniques locales, en bancs lenticulaires dans les sédiments essentiellement argilo-limoneux.

3.1.2 - L'encaissement du glacis inférieur.

Vers Dutuyeh, l'encaissement actuel est très actif : à la base de la tranchée, le Miocène est entamé ; l'encaissement n'a donc été jamais aussi prononcé qu'actuellement.

Ainsi, tout comme dans le piémont, un même oued peut creuser activement dans les parties encaissées et accumuler des sédiments dans les zones d'épandages plus en aval.

L'encaissement de la rivière Kan est très variable :

- 14 m sur la route de Saveh (à Chatareh),
- 4 m sur la route de Qoum (Esmaïlabad),
- 6 m à Dutuyeh Païn.

L'encaissement varie suivant les légères ondulations et ruptures de pentes de la plaine ; au niveau de la falaise de Kahrizak, (à Rahimabad) l'encaissement amont fait place à un épandage en forme de cône de déjection vers l'aval.

Mais, localement, le creusement est fonction de la puissance de l'écoulement nouvellement accru par des apports tels que des affluents ou les eaux infiltrées à partir d'une irrigation excessive ou les fuites d'un ghanat.

3.2 - LE DEUXIEME GLACIS.

3.2.1 - Définition et localisation.

La deuxième surface est constituée par la plaine de Kharizak. C'est une étendue limoneuse relativement fertile qui correspond à un glacis d'accumulation ; le remplissage limoneux s'est effectué dans une zone érodée limitée vers le Nord par la falaise de Kahrizak.

Ce glacis se continue en glacis-terrasse entre les reliefs volcaniques. La plaine du Karadj, au Sud du Kouhé-Arath correspond aussi à ce niveau.

Vers le Sud-Est, il s'étale en un vaste glacis d'épandage formé par la jonction du Kan, d'un bras du Djadgeroud, et plus vers le Sud de la rivière Karadj.

Là, les limons se chargent de sel et la désertification remplace la fertilité de la plaine de Kahrizak.

Ce glacis se raccorde vers l'Ouest avec les épandages de la rivière Karadj. Son altitude varie dans les limites de notre carte, de 1040 m à l'Ouest à moins de 930 m à l'Est.

3.2.2 - Faciès du deuxième glacis.

Donnons quelques coupes de ce niveau.

- Coupe du puits 3 F 4 à l'Ouest de la pompe à essence (à Esmāilabad) (fig. 44),

Cette coupe montre deux parties assez distinctes ; de 0 à 9 m l'ensemble est de couleur rose, essentiellement à base d'éléments fins entrecoupés de croûtes calcaires.

Au delà de 9 m, les couches sont plus détritiques, sablo-graveleuses de couleur gris-vert. Le tout est plus ou moins encroûté.

- Puits Gémayel (fig. 43) à Mehdiabad (3 F 17),
- de 0 à 11 m, alternance de limons, sables, croûtes de couleur rose ou jaune,

Au delà de 11 m, les éléments sont plus grossiers et de couleur gris-vert.

Puits abandonné 5 D 2 () Dutuyeh) (fig. 45).

- De 0 à 12 m, marnes sableuses rougeâtres.

Au delà de 12 m, conglomérats à galets de roches vertes et ciment clair.

Tranchée de la rivière Kan à Dutuyeh Païn :

- 0 à 2 m, limons argilo-sableux gris et beige clair. Débit prismatique,
- de 2 à 4,40 m, sable gréseux rose, fin, non cimenté à cailloutis de roches volcaniques, traces de racines, cassure franche.
- de 4,40 à 5,60 m, sable et gravier fin à éléments fins, gros zéolithes.
- Au delà, marnes compactes du Miocène. Le lit actuel est à 6 m du sommet de la coupe.

3.2.3 - Interprétation des coupes.

Donc, une coupure assez nette dans la sédimentation existe vers 10 m de profondeur. La partie supérieure, essentiellement limoneuse peut être rapportée à la phase d'accumulation qui a remblayé la dépression qui existait à la base de la falaise de Kahrizak.

Ce remblayage correspond à la terrasse ou au glacis moyen. De par leur nature et leur couleur, les dépôts inférieurs sont rapportés à une phase morphoclimatique antérieure.

Nous admettons ainsi que la phase de remblaiement a porté sur une dizaine de mètres. La phase de creusement antérieure implique cette même valeur plus la dénivellée de la falaise de Kahrizak. Soit au total une cinquantaine de mètres.

Ces valeurs sont vraies uniquement pour la plaine de Kahrizak.

La coupe de Dutuyeh montre que le creusement actuel a dépassé de 40 cm celui qui a précédé les dépôts du glacis-terrasse.

3.3 - LE GLACIS SUPERIEUR.

3.3.1 - Localisation.

La troisième surface étagée est limitée au Nord par le ressaut topographique de Char Rey, et au Sud, par la falaise de Kahrizak. Elle s'étend d'Ouest en Est depuis l'extrémité Est du cône de Karadj jusqu'à celui de la rivière Djadjeroud (vers Qal'énau). La largeur de ce glacis est de 12 km (au niveau de la route de Qoum).

L'altitude varie de 1060 m au Nord de Rey, à 1029 m sur le rebord de la falaise de Kahrizak. La pente est de 2,5 %.

Ce glacis domine de 40 m le glacis moyen (à Kahrizak).

3.3.2 - La "Falaise de Kahrizak".

Il se termine vers le Sud par une dénivelée brusque bien marquée dans la topographie, ce qui lui a valu le nom de falaise de Kahrizak. Une frange plus claire dans le paysage souligne cette falaise : elle indique une dissection en "bad-lands", un encroûtement superficiel a permis la fossilisation et la conservation de cette brusque rupture de pente.

La falaise de Kahrizak correspond à la limite entre deux glacis emboîtés l'un dans l'autre ...

Toutes hypothèses telles que les anciens rivages d'un hypothétique lac ou kévir, limite extrême d'une formation, ressaut tectonique, etc ... doivent être rejetées.

RIEBEN signale que la falaise disparaît à l'Est comme à l'Ouest "dans les terres labourées". En fait, la falaise est enfouie sous les dépôts plus récents, des cônes de déjection du Kan et du Karadj à l'Ouest et du Djadgeroud à l'Est ; au Sud de Téhéran, la falaise persiste car elle n'a pas été oblitérée par manque d'apports par des oueds importants. Ainsi, la falaise de Kahrizak est plus ancienne que les dépôts des cônes de déjection.

Vers l'Est, la division de la falaise en deux branches peut s'expliquer par une différence de creusement entre deux réseaux hydrographiques qui n'ont pas eu nécessairement le même niveau de base.

3.3.3 - Les faciès du glacis supérieur.

En surface, on ne voit que des limons. Localement, ces limons sont gris cendreaux et contiennent des racines et des débris de poteries et de briques ; quelques gastéropodes terrestres blancs forment de petits lits. A Baquerabad, ces limons gris peuvent atteindre 80 cm à 1,50 m d'épaisseur. Ce sont des limons actuels, "Historiques ou proto-historiques".

Ces limons gris sont localisés aux abords des lits actuels. Généralement, les limons sont rose-rougeâtre, plus ou moins argileux ou sableux, à débit prismatique (80 à 160 cm à Baquerabad).

Ensuite, 40 cm de limons sableux, fins, poreux, jaunâtres, recouvrent des limons à premières concrussions calcaires.

A l'Est de Kahrizak, la falaise est surmontée par une croûte calcaire rose saumon, contenant de nombreuses racines encroûtées et fossilisées. Cette croûte a environ 60 cm.

Elle surmonte des formations meubles qui rappellent les limons roses. Mais, dans les ravins, des argiles et marnes de couleur rose et verte font penser au Miocène. Les affleurements voisins

de roches volcaniques en "dos de baleine" renforcent cette hypothèse. Entre Baquerabad de Kahrizak, s'étend une région stérile, de couleur claire et balayée par le vent ; la croûte affleurante suffit à expliquer cette désolation ; mais, l'aspect d'ensemble fait penser au Miocène nuisible à toute culture.

Ce troisième glacis correspond à une ancienne surface d'érosion qui a pu atteindre localement le Miocène (surtout à l'Est de Kahrizak). Ensuite, se sont déposées les formations limoneuses du Quaternaire récent et actuel. Entre temps, ce glacis a été affecté par la mise en place du niveau moyen.

3.4 - LES BUTTES TRONQUEES DU SUD DE LA REGION.

Au troisième niveau nous pouvons rattacher un ensemble d'alignements très caractéristiques qui ceinturent les montagnes volcaniques du Sud.

Ces alignements forment des buttes à sommets tronqués par une surface horizontale très plane.

3.4.1 - Description d'une butte.

La masse d'une butte est formée par des marnes gypsifères, des sables et des grès du Miocène (fig. 47). Le sommet est recouvert par une dalle de conglomérat formée de galets verts roulés de roches vertes, de quartzites Cambriens, de roches volcaniques sombres et de calcaires paléo-mésozoïques. Ces galets sont fortement cimentés par du calcaire crème. Ce sont des encroûtements postérieurs au dépôt des galets. Le ciment peut être très dur et gréseux avec de fines particules de roches vertes et volcaniques.

L'épaisseur de ces conglomérats dépasse rarement 2 m. Ces dalles sont toujours horizontales ou sub-horizontales. Mais, très souvent, l'encroûtement est gypseux, la dureté du conglomérat est plus faible. Le ciment gypseux surmonte toujours le ciment calcaire quand ce dernier existe.

Légende de la figure 43 - PUITES GEMAYEL (Mehdiabad).

- 1 : Limons plus ou moins argileux, rose clair, secs, fentes de dessiccation, traces blanches de calcaire qui durcit l'horizon vers la base.
- 2 : Limons roses à poupées calcaires dures.
- 3 : Limons roses sans poupées.
- 4 : Banc de graviers verts, anguleux, diamètre : 2 à 3 cm, ciment calcaire rose friable.
- 5 : Limons sableux jaunes.
- 6 : Croûte calcaire rose saumon mi-dure, poreuse à traces noires de racines.
- 7 : Sable fin, jaune, homogène, compact mais non cimenté, sec.
- 8 : Conglomérat à gros galets (30 cm) et petits galets. Ciment sableux friable, gris. Aquifère.
- 9 : Conglomérat à galets verts ; ciment calcaro-gréseux, dur, gris.
- 10 : Sable vert grossier, galets verts, peu cimenté. Aquifère.
- 11 : Conglomérat très dur, gris.
- 12 : Croûte calcaire sableuse rose saumon.
- 13 : Sable vert, fin, pur pas d'éléments fins. Grains inférieurs à 1 cm.

Légende de la figure 44 - PUITES A ESMAILABAD (Kahrizak).

- 1 : Limons bruns jaunâtres.
- 2 : Marnes sèches compactées, roses à débit prismatique.
- 3 : Croûte calcaire dure, rose saumon.
- 4 : Conglomérat à galets verts, à ciment gréseux gris.
- 5 : Conglomérat à galets verts, à ciment gréseux gris, calcareux.
- 6 : Sable vert, fin. Aquifère.

Légende de la figure 45 - PUITES ABANDONNE, DOUTOUYEH.

- 1 : 60 cm de dépôts à structure entrecroisée, fins, à cailloutis anguleux, grisâtres, racines.
- 2 : Marnes sableuses rougeâtres avec traces de calcaires farineux. Traces de gypse.
- 3 : Marnes rouges sableuses, aquifères.
- 4 : Conglomérat à galets verts, ciment gréseux gris.
- 5 : Sable vert.

Légende de la figure 46 - PUITES A KHAMSAT (Kahrizak).

- 1 : Sols cultivés sur limons.
- 2 : Limons à poupées calcaires.
- 3 : Croûte calcaire rose saumon, dure.
- 4 : Conglomérat encrouté à galets verts.
- 5 : Sable vert aquifère.
- 6 : Andésites.



Fig 43

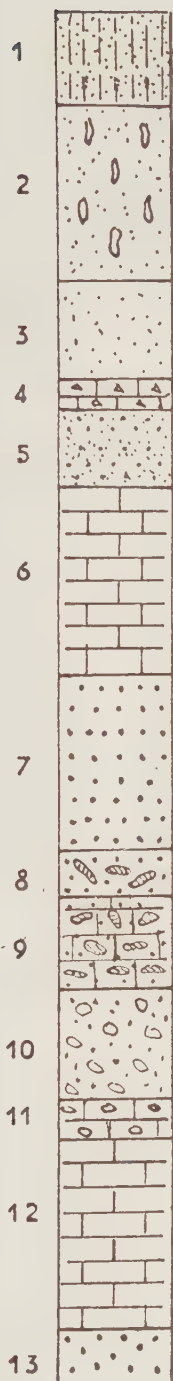


Fig 44

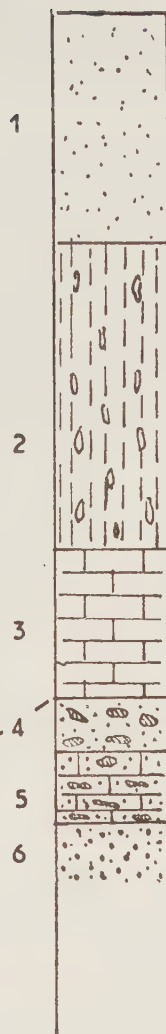


Fig 45



Fig 46



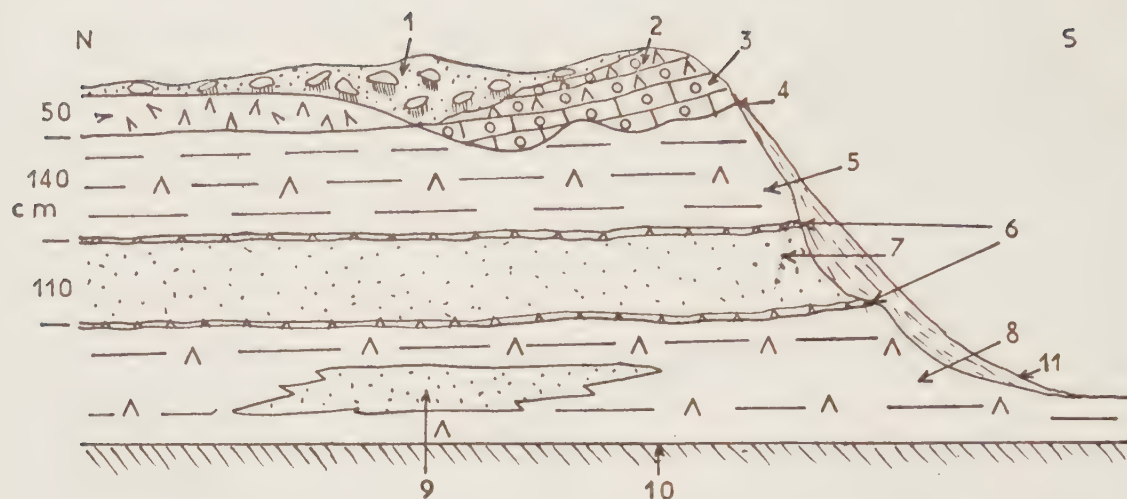


fig.47. Coupe d'une butte tronquée par le 3^e glaciais

- 1 Remaniement de galets polarisés par du gypse. q_3
- 2 Conglomérat à croûte gypseuse. q_2
- 3 " " " calcaire q_2
- 4 Surface d'érosion pré-B
- 5 Argile rose, durcie, gypsifère (Miocène)
- 6 Gypse cristallisé (5mm)
- 7 Sable argileux, fin, ôcre.
- 8 Marnes gypsifères.
- 9 Lentille du faciès 7.
- 10 Niveau de la route de Qaïm.
- 11 Eboulis actuels.

La dalle sommitale est en voie de disparition ; mais, son existence permet la conservation des buttes miocènes. Ainsi, un ancien glacis subsiste par fossilisation de sa surface par une dalle de galets encroûtés.

La destruction du banc de conglomérat donne des coulées de galets notamment sur les revers des côtes ; ces galets sont souvent éclatés, débités en tranches, et vernissés en noir. Leur épandage sur les revers de côtes donne des regs fossilisés par leur couverture de galets. Ces nouveaux glacis sont inclinés de 30 à 35°.

Il faut distinguer les dalles sommitales des épandages provenant de leur destruction. Ceci n'est toujours pas facile, car ce sont les mêmes galets.

Actuellement, les affleurements conglomératiques sont réduits à des lambeaux épars ; mais, il reste toujours un résidu formé par une seule assise de galets bien damés qui perpétue la planéité et la conservation du glacis (Reg).

Nous insistons sur le fait que ces formations sont toujours encroûtées, qu'il n'y a pas de pendages notables et que leur remaniement est évident. Elles correspondent à des épandages de galets de l'Elbourz sur une surface d'érosion qui a affecté le Miocène.

3.4.2 - Le problème de l'âge.

Le fait que des galets en tout point semblables à ceux du Pliocène recouvrent du Miocène a fait penser à tous les auteurs qui ont travaillé sur le Plateau Central que les dalles de conglomérats étaient d'âge Pliocène. Nous préférons admettre que les immenses étendues de cailloutis que l'on retrouve sur le pourtour des kévirs, correspondent à des épandages quaternaires, dont les éléments peuvent provenir du remaniement d'anciens affleurements de Pliocène dont on retrouve çà et là des traces. Au Sud-Ouest du Kouh-é-Arath (sur la limite de notre carte) on voit clairement (fig. 40) le glacis recouvert par des cailloutis, venir butter contre le versant Nord d'un affleurement de Pliocène caractérisé par ses lits bien stratifiés et ses pendages fortement inclinés vers le Sud. Ce glacis est emboîté dans les formations pliocènes, donc d'âge plus récent.

Localement, le remaniement des alluvions pliocènes, évoque une modeste retouche du relief d'accumulation initial.

Les affleurements de Pliocène caractérisés sont rares au Sud de Téhéran.

3.4.3 - Localisation et équivalences.

Ce glacis forme la haute terrasse des régions désertiques qui s'étendent en direction du Sud vers les kévirs.

Son extension était très grande et ennoyait les collines volcaniques. Actuellement ce glacis n'est plus représenté que par d'importants alignements de buttes en formes de côtes à front abrupt laissant affleurer le Miocène et à revers en pente douce fossilisée par les épandages provenant de la destruction de la dalle sommitale.

Les buttes s'élèvent à plus de 50 m au-dessus du glacis moyen. Des mesures altimétriques sommaires révèlent que les altitudes de la falaise de Kahrizak et celles de la butte Gémayel (immédiatement au Sud de l'usine de papier de Médiabad), sont équivalentes. Elles correspondent aussi aux hautes terrasses des rivières Karadj et Roud-i-Schour sur la route de Quom (fig. 39). Ainsi, les buttes à couverture de cailloutis sont les équivalents des hautes terrasses des principaux oueds (3ème glacis). Ceci confirme nos vues sur un âge Quaternaire et non Pliocène de ces cailloutis.

3.4.4 - Origine du glacis encroûté.

Le troisième glacis encroûté est un ancien glacis-terrasse dont l'origine est à rechercher dans un écoulement provenant d'une branche du Karadj aujourd'hui disparue. Une topographie plus élevée que l'actuelle favorisait les divagations de la rivière Karadj ; les reliefs volcaniques facilitaient la division de l'oued principal en bras secondaires qui pouvaient contourner ces reliefs par le Nord.

Ainsi, expliquerons nous la présence de galets roulés provenant de l'Elbourz et contenant des éléments étrangers aux roches vertes, alors que ces galets sont quasi absents dans les formations détritiques du piémont de Téhéran. Seul, un cours d'eau important à pu amener cette masse de cailloutis.

Alors que les apports provenant du piémont de Téhéran, ne sont représentés que par du matériel fin du type limoneux, les cailloutis du troisième glacis peuvent provenir des épandages d'un cours d'eau important originaire de l'Ouest.

Dans cette conception des choses, la rivière Karadj ou un de ses bras, servait de niveau de base immédiat au piémont de Téhéran. Les glacis limoneux ont pu se façonner en fonction des variations de ce niveau de base.

3.4.5 - Influence de la tectonique.

Ce glacis relativement ancien a pu localement être gauchi légèrement par des plissements à très grands rayons de courbure. Ces gauchissements sont surtout axés sur les affleurements volcaniques. Le haut niveau du Roud-i-Schour est voilé, ce qui est bien visible sur la route de Qoum quand la haute terrasse se découpe sur l'horizon sur plusieurs kilomètres.

3.4.6 - Résumé des faits et des idées exposés sur le troisième glacis.

- Le troisième glacis limoneux qui se termine par la falaise de Kahrizak correspond au glacis recouvert par la dalle conglomératique et aux terrasses hautes des grands oueds.
- Les épandages de cailloutis ne sont pas Pliocènes mais quaternaires.
- Tous ces glacis contemporains sont encroûtés en surface.
- Le glacis caillouteux du Sud a son origine dans les épandages à partir des eaux du Karadj.
- Le glacis limoneux se raccordait avec une pente très faible avec la plaine alluviale de cet ancien lit du Karadj.
- La jonction entre ce lit alluvial et les reliefs volcaniques se faisait par l'intermédiaire d'un glacis d'érosion mettant à nu le Miocène.
- Le cailloutis recouvrant le troisième glacis correspond plus à des épandages largement étalés qu'à des accumulations sur de fortes épaisseurs.

- Les formations "A" affleurantes dans le piémont de Téhéran ne ressortent pas dans le Sud de la plaine.

Après le dépôt de "A", différentes phases de creusement et d'aplanissement ont érodé les formations alluviales jusqu'au Miocène.

- La distinction entre glacis limoneux et glacis caillouteux suppose que les écoulements provenant de la région de Téhéran ont toujours été faibles au cours du Quaternaire ; la puissance des oueds n'a jamais été suffisante pour favoriser des épandages caillouteux.
- Les buttes du troisième glacis présentent un bel exemple d'inversion de reliefs.

3.5 - EXISTENCE D'UN QUATRIEME GLACIS.

Un ressaut topographique au niveau de Char Rey indique la présence d'un autre glacis.

La dénivelée est très perceptible sur la route de Qoum à la hauteur de la mosquée de la Mère du Schah.

Cette nette rupture de pente ne mérite pas le nom de falaise, car elle est émoussée par une érosion en bad'lands. L'ancienneté de cette côte se traduit par une moins bonne conservation du relief. La dénivelée est de 30 m environ.

Vers l'amont, ce glacis passe imperceptiblement au piémont caillouteux de Téhéran. Il est recouvert par des limons d'âges divers. Limons "B", "C", "D" se superposent et se confondent en un glacis uni.

Une coupe très superficielle montre (fig. 48) (lotissement des 400 maisons au Sud de la ville) :

- quelques décimètres de limons gris actuels,
- 4,30 m de limons roses à petites poupées calcaires,
- 3 m de limons roses à grosses poupées calcaires,
- 2 m de croûte calcaire rose saumon dure et compacte.

Ces limons calcaireux à croûtes sont semblables à ceux que l'on rencontre sur tous les glacis limoneux.

Il semble que les limons récents "C" soient aussi encroûtés que les limons que nous pourrions rattacher au "B".

Mais, s'il fallait faire une division dans les limons de cette coupe, nous dirions que les limons superficiels gris sont actuels, que les limons roses à petites poupées de calcaire (4,30 m) sont l'équivalent du "C", et que les autres limons fortement encroûtés ou contenant de grosses poupées sont à rattacher au "B".

Au niveau de la mosquée de la Mère du Schah, le sommet de la dénivelée est encroûté ; cette surface semble correspondre au sommet de la couche limoneuse à grosses poupées de la coupe ci-dessus. L'ablation superficielle s'est arrêtée au niveau de cette couche consolidée.

La majeure partie de ce glacis est faite d'alluvions "B". Ces alluvions limoneuses affleurent actuellement sur le rebord de la côte de Rey.

Vers l'amont, les alluvions plus récentes recouvrent ces limons encroûtés.

Ainsi, nous retrouvons un processus assez semblable à celui de la falaise de Kahrizak.

Pas plus qu'à Kahrizak, le ressaut de Rey ne correspond pas à une limite d'extension stratigraphique (celle du "C"), mais à la limite de deux glacis emboîtés DANS LA MEME FORMATION.

Vers l'Ouest, ce glacis est oblitéré par les dépôts du cône de déjection du Kan ; la dénivelée s'efface très vite. Donc, alors que RIEBEN donne un âge de plus en plus récent depuis Kahrizak jusqu'à Téhéran, nous démontrons le contraire : les glacis emboîtés étant nécessairement plus jeunes que les glacis supérieurs, ce quatrième glacis n'existe que dans cette région. Nous ne le connaissons pas ailleurs.

3.6 - CONCLUSIONS SUR LES FORMES ETAGEES DE LA PLAINE DE TEHERAN.

- Le glacis inférieur correspond à une phase de creusement actuelle. Il ne mérite son nom que dans les zones d'épandage vers l'aval. C'est donc, en fait, un glacis d'accumulation.
- Le deuxième glacis, est un glacis d'accumulation. Les limons se sont accumulés dans une dépression creusée dans le troisième glacis.
- Les troisième et quatrième glacis correspondent à d'anciennes surfaces d'érosion emboîtées l'une dans l'autre, puis plus ou moins recouvertes par des dépôts plus récents qui n'ont pas réussi à oblitérer les différences de niveaux qui existent entre ces glacis. Seuls, les grands oueds (Karadj, Kan) ont pu recouvrir de leurs alluvions ces vestiges d'actions morphoclimatiques anciennes.
- Morphologiquement, le quatrième glacis est le plus ancien. Au fur et à mesure que l'on arrive aux temps actuels, le creusement a été plus actif ; les formes s'étagent régulièrement, les plus récentes étant les plus basses.

Ainsi, la plaine de Téhéran est plus complexe que ne le pensaient les auteurs antérieurs. Ce n'est pas une simple superposition d'alluvions d'âges de plus en plus récents, mais la résultante de l'action de phénomènes morphoclimatiques distincts affectant parfois à des périodes différentes, la même formation.

Nous devons abandonner les idées de RIEBEN sur les auréoles limoneuses. Le "C" n'est plus limité à la falaise de Rey, le "B" à celle de Kahrizak.

* *

*

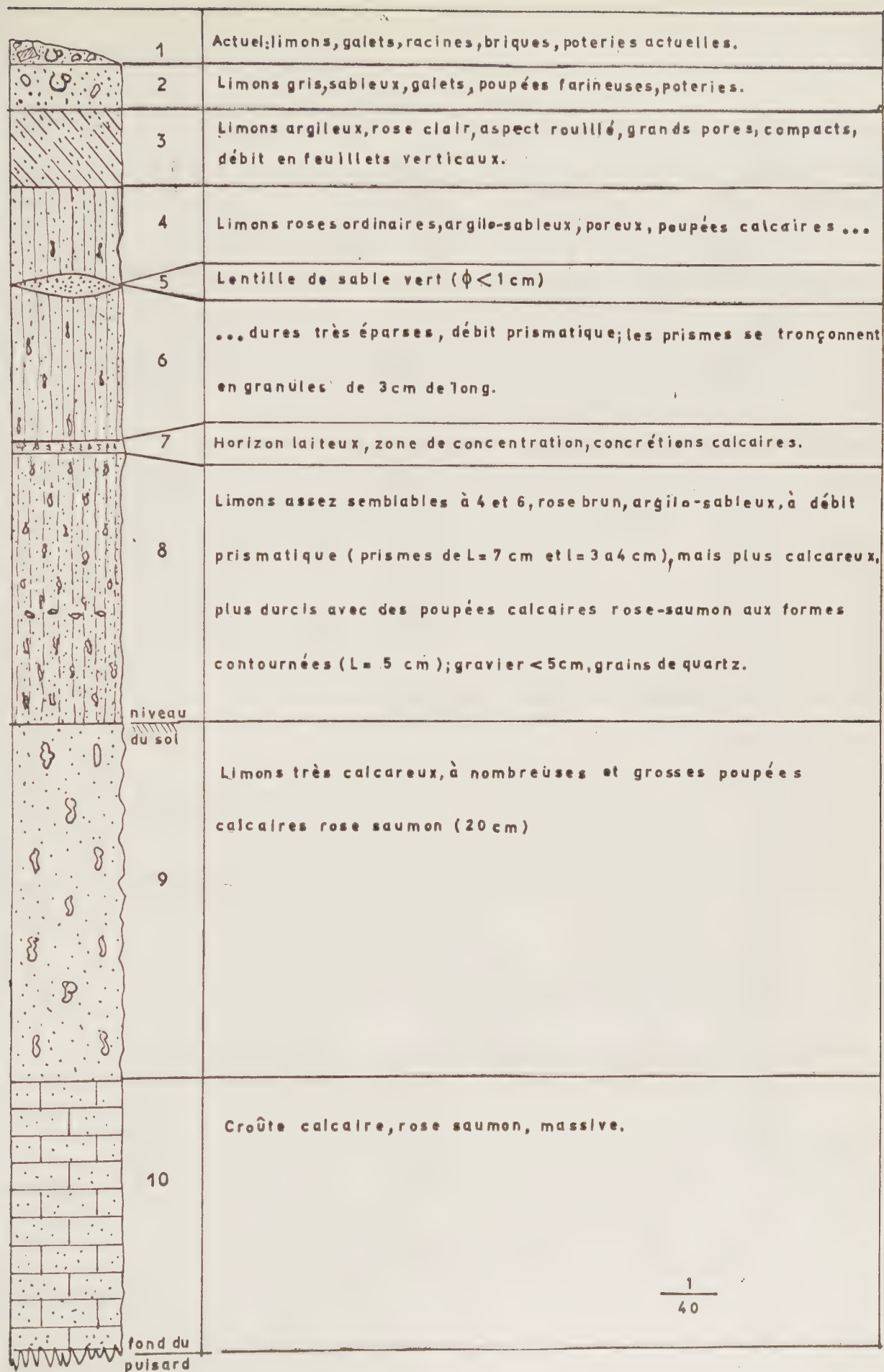


fig 48 Coupe dans les limons de Téhéran (route de Qoum au niveau du lotissement)

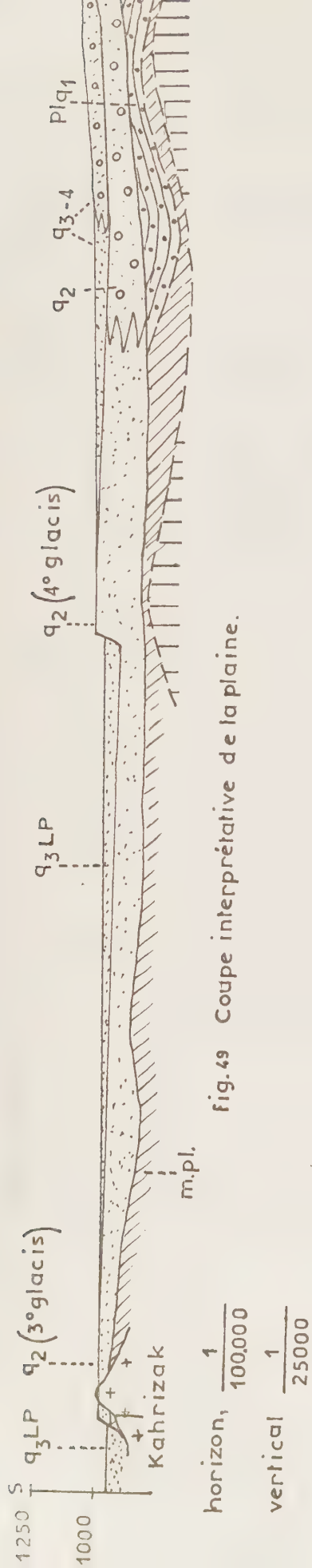


fig.49 Coupe interprétative de la plaine.



fig.50 Suite vers le Sud de la coupe précédente.

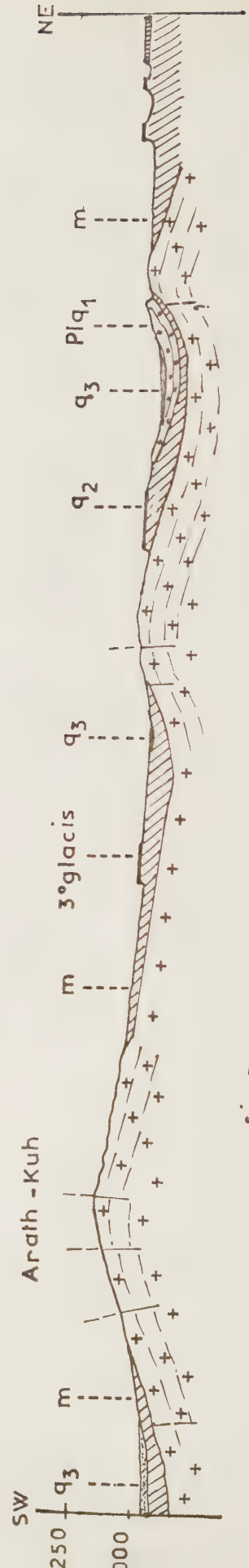


fig.51 Reliefs du sud

4. - LES COLLINES VOLCANIQUES DU SUD ET LEUR PIEMONT.

4.1 - LES RELIEFS VOLCANIQUES.

Au Sud de la plaine de Téhéran, s'élèvent des collines de nature volcanique, allongées suivant les directions tectoniques générales (Nord-Ouest - Sud-Est). Elles culminent vers 1200 m.

Il y a trois alignements montagneux, parallèles entre eux, de plus en plus importants vers le Sud. L'alignement le plus septentrional est très réduit et ses reliefs très surbaissés le privent d'un piémont aussi développé que ceux des deux autres montagnes.

4.1.1 - Origine des reliefs volcaniques.

Ces reliefs forment chacun une masse distincte qui semble reposer sur un vaste piédestal. Ce sont des inselbergs entourés de vastes glacis.

Ces dispositions sont clairement mises en évidence sur la carte géologique au 1/50.000.

Ces iselbergs ont une origine tectonique ; ils correspondent à une remontée du substratum qui s'est faite par fracturation d'un pli mou peu marqué.

Mais, l'exagération de la mise en relief de ces blocs faillés est due essentiellement à la grande différence de dureté qui existe entre les roches volcaniques et les dépôts miocènes et quaternaires. La persistance d'un climat à dominance aride a permis un modelé très poussé qui a exploité dans les moindres détails les différences de dureté.

4.1.2 - Le ruissellement.

Ces inselbergs sont dissymétriques ; les flancs Nord-Est sont en pente douce, l'autre versant est plus abrupt et plus court.

Les oueds sont plus longs sur le côté en pente douce ; plus courts sur l'autre versant. De toute façon, les impluviums sont tous réduits ; les écoulements sont minimes. Cependant, ils ont été suffisamment actifs pour façonner des glaciers très étendus. Dans les reliefs, le réseau des oueds est très peu hiérarchisé. L'écoulement est concentré dans un lit encaissé rectiligne, qui suivait la ligne de plus grande pente des coulées avant l'encaissement ; les failles imposent parfois de brusques changements de directions.

La coulée supérieure se confond souvent avec une surface structurale. Ailleurs, elle ne persiste que sous forme de dalles qui couronnent des buttes tapissées de zéolithes.

Un épais manteau de régolithes recouvre les entablements (pl. XX, fig. 1) ; les blocs sont grossiers et les éléments fins font défaut. Le ruissellement actuel et récent semble incapable de transporter de telles charges ; seuls, les débris de taille réduite sont éliminés.

4.2 - LES PIEMONTS DES RELIEFS VOLCANIQUES.

La faiblesse de la puissance de l'écoulement se traduit par la minceur du recouvrement alluvial du piémont.

La surface du piémont est tapissée par une couche de pierraille qui masque mal un ancien glacier d'érosion.

4.2.1 - Reliques d'un ancien glacier.

A l'amont, au contact des reliefs, se discerne dans les têtes des thalwegs, un ancien glacier qui a érodé les agglomérats volcaniques de l'Eocène inférieur (E 1). Ce glacier est enfoui sous les dépôts argilo-caillouteux récents, eux-mêmes entaillés par l'érosion actuelle ; le creusement affecte aussi l'ancien glacier. Il semble que ce glacier puisse se raccorder avec la surface d'érosion qui supporte le troisième glacier caillouteux défini ci-dessus.

4.2.2 - Inversion de reliefs au niveau du troisième glacis.

La phase d'érosion qui a profondément entaillé le troisième glacis a décapé activement les marnes miocènes ; le niveau de base des oueds descendant des reliefs étant les rivières longitudinales (Kan, Karadj), l'enfoncement de ces dernières a entraîné le creusement du piémont. Ce creusement a épargné le troisième glacis, là où il était protégé par les épandages de cailloutis ; à l'amont, au-dessus de la côte maximale des épandages caillouteux, le Miocène a été surcreusé ; mais, l'écoulement en nappe à la sortie de reliefs faibles, puis le ruissellement diffus ont conservé la planéité du piémont. Actuellement, le troisième glacis caillouteux et encroûté domine la surface du piémont. Cette surface se raccorde vers l'aval avec le deuxième glacis limoneux. Le raccord piémont-deuxième glacis est parfois interrompu par les alignements du troisième glacis caillouteux. L'écoulement diffus du piémont, buttant contre cette barrière, se concentre et entaille l'alignement par de profonds défilés.

4.2.3 - Les paysages du piémont de la montagne de Dutuyeh.

Le piémont actuel se présente sous plusieurs aspects : surface miocène arrasée, cônes d'épandage très étalés, mais très peu épais, couverture de pierraille sur une seule couche.

- Le versant Nord-Est est un glacis d'épandage de pierraille anguleuse et grossière qui masque mal une surface taillée dans les marnes miocènes. Ce glacis semble figé ; seules, quelques rigoles plus larges que profondes l'accident.

En somme, c'est un glacis-reg sans formes d'éventails d'épandage même à la sortie de l'écoulement concentré des oueds.

Ce n'est que plus en aval, après la barrière du glacis caillouteux n° 3, qu'apparaissent des formations alluviales en forme de cône. Le Miocène est masqué par ces cailloutis ; cette nappe alluviale se raccorde avec la plaine limoneuse (glacis n° 2) par une rupture de pente assez nette.

- Le versant Sud-Ouest est plus court et plus abrupt. C'est un glacis d'épandage avec des formes en éventail. Le Miocène est peu visible ; il affleure dans les zones mortes entre les apex des cônes de déjection.

Mais la couverture alluviale est très mince et s'apparente avec un reg.

4.2.4 - Le piémont du Kouh-è-Arath.

Autour du Kouh-é-Arath, on retrouve des formes semblables.

- Le versant Sud-Ouest est recouvert par des cônes de déjection dont les éléments sont des blocs de pierrailles peu ou pas émoussés. Si un profil longitudinal montre une succession de surfaces convexes propres aux cônes de déjection, il n'en reste pas moins que la couverture alluviale est très mince. Le Miocène est visible dans les moindres trous ou entailles des oueds.

Les épandages actuels se distinguent fort mal des épandages anciens. Ce glacis se raccorde avec la plaine limoneuse de la rivière Karadj (2ème glacis).

En amont, tout à fait au contact avec les reliefs, des buttes taillées dans les marnes miocènes ou dans les Trachytes rappellent l'existence d'un ancien glacis (glacis-support du troisième niveau ?). Sur ses trois faces, Ouest, Nord et Sud, le Kouh-é-Arath est ceinturé par les buttes encroûtées du troisième glacis.

Elles s'élèvent à plusieurs dizaines de mètres au-dessus de la surface principale du piémont. A l'Ouest, la planéité des sommets de ces buttes est remarquable.

- A l'Ouest et au Nord, la phase d'érosion qui a entaillé le troisième glacis a profondément creusé le Miocène. Il s'est établi une sorte de dépression fermée dont le fond est occupé par un kévir. Les épandages en éventails n'existent qu'aux débouchés des oueds principaux. Mais, la surface du glacis actuel ne supporte en général qu'un pavage très clair de pierraille volcanique. La portion de la route de Qoum qui traverse ce glacis montre un paysage particulièrement désolé. Le Miocène à l'affleurement est en grande partie responsable de cet aspect désertique.

Le manque de couverture alluviale correspond en général avec la bonne conservation du troisième glacis : l'écoulement superficiel y est très réduit.

Par contre, la partie centrale du piémont Nord-Est est recouverte par des épandages de cailloutis qui atteignent l'étroite plaine limoneuse du Kan. L'alignement du troisième glacis n'est plus représenté que par de petits îlots de cailloutis verts.

- L'extrémité Est du piémont est plus complexe ; la surface miocène est recouverte par de la pierraille juxtaposée en forme de dallage dont la partie supérieure est vernissée. On ne distingue pas d'épandages divergents, mais une surface uniforme caillouteuse disposée sur une seule assise. C'est un reg d'épandage non fonctionnel, actuellement en voie de dissection ; le Miocène qui n'est plus protégé par le dallage est rapidement affouillé.

En bordure du piémont, le troisième glaciais encroûté s'allonge sur deux alignements parallèles, en direction du Sud-Est. Alors que la surface principale (glaciais n° 2) s'abaisse vers le kévir, le glaciais n° 3 conserve son horizontalité, si bien que vers le Sud-Est de la carte, les dénivelées entre ces deux glaciais sont considérables. Lorsque l'on regarde vers l'Est en direction de Varamine, depuis les sommets du Kouh-é-Arath, on voit une belle perspective sur ces glaciais.

- A l'extrême Sud-Est du piémont, au Nord du village de Qambarabad, s'élève une colline couronnée par des cailloutis verts ; ces cailloutis sont assez bien conservés et cimentés en un conglomérat épais de 3 à 5 m horizontal ; la surface de la colline est à raccorder avec le glaciais encroûté n° 3. Vers l'Ouest, ces cailloutis s'effilochent et la colline perd de sa hauteur. Vers l'Est, de l'autre côté de la rivière (Kan et Djadjeroud réunis) un bastion à surface tabulaire est encore un témoin du troisième glaciais.

Au Nord de la colline de Qambarabad, s'étend en contre bas, une surface moutonnée, assez plane, vallonnée par des embryons d'oueds. Une fine couverture de cailloutis roulés provenant sans nul doute du remaniement des cailloutis du troisième glaciais, de couleur noire, fossilise malgré sa faible épaisseur le Miocène visible en grattant la pellicule de galets.

C'est un reg d'épandage ancien dont les galets sont profondément altérés, recassés, vermiculés, délités en tranches, piquetés, avec des cupelles et recouverts par un dépôt vernissé noir.

Ces galets sont déposés sur une seule couche ; s'il sont jointifs, ils présentent tout de même un déchaussement d'origine éolienne. Les éléments fins emportés par le vent s'accumulent dans une dépression plus au Nord, sous forme de Nebkas.

Ce reg est local et appartient au deuxième glaciais, il dérive d'un remaniement des cailloutis du glaciais n° 3.

Il est parsemé de petites dépressions planes formant des tâches claires, très poussiéreuses, mais présentant des signes d'humidification temporaire. Ces dépressions résultent de la déflation éolienne sur des surfaces qui ne sont plus protégées par le reg. Localement, un glacis durcit la surface poudreuse.

Quelques plages de pierraille volcanique sombre et anguleuse rappellent la proximité des reliefs et continuent latéralement l'extension du reg.

La couverture de pierraille ne dépasse pas 10 cm d'épaisseur, soit la longueur moyenne des éléments pierreux.

Sous la couverture caillouteuse, une accumulation argilo-sableuse riche en gypse poudreux, de couleur rose, ne dépasse pas quelques décimètres d'épaisseur. Le Miocène vient ensuite.

Nous avons noté un détail significatif : en bordure d'une petite dépression dégarnie de son reg protecteur, un thalweg de 8 à 10 m de longueur, incisant à peine la surface du reg, se termine dans la dépression plane par un cône d'épandage limoneux, très peu épais, très plat, mais s'étendant d'une façon étonnante sur plusieurs mètres carrés. Comment un écoulement alimenté par un bassin de réception quasi nul peut-il être à l'origine d'un aussi vaste épandage ?

A une autre échelle, on reste perplexe devant les proportions qui existent entre les immenses glacis de piémont et les faibles reliefs volcaniques morcellés en de nombreux bassins de réception à alimentation insuffisante.

* *

*

5. - LES SOLS SALES.

5.1 - LES ZONES D'EPANDAGES A SOLS SALES.

Dans les régions de convergences des oueds, à l'Est des reliefs volcaniques, s'accumulent des limons très fins surchargés de sels. Ces zones correspondent à des gouttières qui drainent non seulement les eaux des oueds Kan et Djadjeroud, mais aussi les eaux souterraines.

Ce sont des étendues très planes favorisant les épandages sur de grandes surfaces, mais sur de très faibles épaisseurs.

Ces surfaces correspondent aux épandages des rivières à l'époque où elles coulaient sur le glacis n° 2. Actuellement, les oueds creusent les limons salés.

Ce sont aussi des zones d'évaporation des eaux de ruissellement et des eaux souterraines. La surface piézométrique est à moins de 5 m de profondeur. Au moment des hautes eaux (fin du printemps), la région est impraticable en raison des marécages qui détrempe ces sols.

Mais, rapidement l'évaporation assèche superficiellement les limons qui se chargent de dépôts de sels. La surface est unie, durcie par un glaçage surtout après les pluies, mais en général blanchie par une mince couche de sel qui crisse sous les pas. Localement, là où l'eau a détrempe le plus longtemps le sol, des efflorescences salines boursoufflent les limons argileux qui se déflocculent et qui donnent, quand ils sont secs, des plages poussiéreuses. Au moindre souffle de vent, ces poussières sont balayées. Les formes éoliennes sont réduites à des stries, au déchaussement des galets, et à de faibles accumulations de 50 cm de haut et de quelques mètres de long (nebka) qui prennent naissance derrière les touffes végétales.

Les cultures sont impossibles en raison de la salinité des sols et surtout des fortes teneurs en résidu sec des seules eaux disponibles pour une éventuelle irrigation.

5.2 - LES DEPRESSIONS FERMEES.

5.2.1 - Le kévir de Tchamborax.

La plus importante est le "lac" salé de Tchamborax.

Pour répondre aux définitions Nord-Africaines, c'est à la fois une sebka et un chott. En Farsi, nous dirons que c'est un kévir. Sa taille est très modeste, mais sa présence est l'indice et la conséquence de faits morphoclimatiques importants.

La longueur est de 3800 m, la largeur de 1 km maximum.

Toute sa surface est recouverte par une croûte de sel. Les rivages sont très plats. La régénération de la croûte superficielle est suffisamment rapide pour permettre une exploitation artisanale du sel qui est traité dans les usines de soude de Ghaniabad. L'altitude approximative du kévir est inférieure à 1000 m. Ce kévir occupe le point le plus bas d'une dépression fermée au Nord et à l'Ouest par les alignements du troisième glacis, au Sud par le piémont du Kouh-é-Arath, vers l'Est la fermeture est précaire ; un léger seuil suffisant d'ailleurs étant donné la faiblesse des écoulements, coupe le kévir d'un thalweg qui part vers l'Est. Mais, actuellement, le kévir n'a pas de débouché vers l'extérieur.

Ce kévir recueille les eaux de ruissellement du piémont environnant. Mais il sert aussi de surface d'évaporation des eaux souterraines provenant du Nord depuis le Karadj.

5.2.2 - Les formes superficielles du kévir de Tchamborax.

De l'extérieur vers l'intérieur du kévir, on distingue une certaine zonalité dans les formes.

- Un glacis d'érosion creusé dans le Miocène est recouvert par un reg très ouvert à éléments volcaniques anguleux et à cristaux de zéolithes. Vers l'aval, les cailloux disparaissent peu à peu pour laisser la place aux zéolithes.

- Puis, c'est une zone argilo-limoneuse à surface molle, friable, craquelée, sans couverture ou avec de rares cristaux de zéolithes.
- Zone humide sans croûte saline, sol salé noirâtre, boueux à légères craquelures. C'est la zone "à sel noir" ou le "Namak Siah" de Bobek. L'absence (peut être temporaire) de croûtes salines en surface est due à l'excès d'humidité. Cette zone humide de bordure peut s'expliquer par l'accumulation des eaux de ruissellement dans la concavité créée par l'intersection du piémont et de la surface du kévir.
- La plus grande partie du kévir est formée par le "Namak Séfid" ou "sel blanc". La surface est recouverte par des croûtes solides blanches.

5.2.3 - Description des sols salés polygonaux.

La croûte saline est découpée en polygones plus ou moins réguliers d'un diamètre moyen de 1 m. L'intérieur des polygones est plat ; les bords se relèvent brusquement si bien que les polygones se juxtaposent par leur face inférieure. La jonction de deux polygones donne naissance à un tunnel vide qui les ceinture. De telles dispositions traduisent des forces de poussées centrifuges. Ces forces ont une origine dans l'expansion de la croûte saline en cours de développement. Certains polygones interfèrent entre eux, un polygone ancien peut être recoupé par un plus jeune. De vastes figures anciennes peuvent contenir des polygones récents de taille réduite ; le nouveau réseau polygonal possède une certaine autonomie au sein du grand polygone.

L'exagération du nombre de polygone qui va de pair avec l'ancienneté, rapproche les lèvres relevées des bords et donne une surface tourmentée qui rappelle les sols labourés. Ces polygones anciens sont jaunis par des éléments terreux apportés par le vent. Des crêtes de plusieurs décimètres de haut, très dures, rendent la marche difficile.

Au sein du "Namak séfid", labouré, se trouvent des plages vaguement circulaires, à surface plus plane, de quelques mètres de diamètre. Ces plages sont recouvertes de sel très blanc, fin, craquelé en un réseau de petits polygones.

Une coupe montre :

- 18 cm de croûte saline très dure, compacte, difficile à percer au marteau,
- 20 cm de boue très noire, épaisse, visqueuse, nauséabonde qui tache d'une façon tenace et que l'on pourrait comparer à du cambouis,
- puis, une autre croûte de sel aussi dure et aussi épaisse que la première, blanche, recommence une autre séquence.

5.2.4 - Origine des sols salés polygonaux.

De nombreuses explications ont été données sur l'origine des sols salés polygonaux. On s'accorde volontiers sur le fait que les polygones se superposent à des fentes de dessiccation. Mais, nous pensons qu'il existe une disharmonie entre la croûte saline superficielle et les limons ou argiles salés, humides ou avec les boues visqueuses.

Alors que les fentes de dessiccation qui affectent les éléments argileux sont dûes à des tensions de rétraction (de direction centripède), la croûte saline est le siège de tensions inverses, centrifuges dûes à l'expansion des cristaux de sel. Or, le développement de la croûte va de pair avec la phase d'évaporation qui contracte les argiles. L'interface argile-croûte saline doit être une surface de glissement avec éventuellement un point mort au centre de la figure polygonale.

5.2.5 - Age du kévir de Tchamborax.

Ce kévir est assez ancien ; il s'est installé à la fin de la période d'érosion qui a dégradé le troisième glacis.

La phase d'accumulation du deuxième glacis n'a pas affecté la dépression qui se trouvait coupée des apports du Karadj et du Kan par l'alignement résiduel du troisième glacis.

Sur la rive Nord du kévir, des éclats à débitage levallois (faciès Moustérien) jonchent la surface du sol ; quelques pièces sont retouchées. La concentration de ces pièces sur une portion du rivage semble écarter l'hypothèse d'un remaniement à partir du troisième glacis. Ainsi, le "lac salé" existait à l'époque Mous

térienne (1).

* *
*

6.- LES CROUTES ET LES ENCROûTEMENTS.

Ces dépôts particuliers ont alimenté une littérature abondante notamment en Afrique du Nord. Des contradictions existent sur leur origine et leur mode de formation.

Nous devons en parler, car leur extension et leur puissance ont une importance considérable dans la région de Téhéran.

A part les dépôts très récents, toutes les formations portent des traces de croûtes ou d'encroûtements.

Mais, ce sont principalement les formations "B" qui sont encroûtées. On peut même dire que les croûtes caractérisent les alluvions "B". Seuls, les cailloutis "A" qui affleuraient du troisième glaciaire, supportent des encroûtements.

Les dépôts "C" possèdent des croûtes, mais plus localisées et moins développées.

Les croûtes sont essentiellement calcaires. Localement, dans des conditions que nous allons décrire, elles sont gypseuses. Nous pouvons classer les croûtes et encroûtements dans trois catégories suivant leur morphologie et leur origine probable.

6.1 - LES CROUTES QUE NOUS APPELLERONS "D'ORIGINES MORPHOLOGIQUES".

Elles sont peu épaisses et rarement dures. Leur couleur est claire et souvent blanche, dans les limons, elles sont rose clair. Elles sont toujours superficielles et facilement érodables. Elles forment des glaçages qui durcissent les limons ; elles enrobent des cailloutis isolés. Elles correspondent aux épandages d'eau en nappe. Leur fragilité explique leur faible extension. Elles n'ont qu'un rôle secondaire dans la morphologie.

(1) La découverte et la détermination de ces outils taillés sont dûes à notre ami Monsieur J. MAURY que nous remercions vivement.

6.2 - LES CROUTES D'ORIGINE PEDOLOGIQUE.

Elles sont très répandues surtout dans les alluvions "C" qui ont une couverture de sol. Mais ces croûtes sont très bien représentées dans les sols rouges qui recouvrent le quatrième glacis des Hézardareh.

Les coupes dans ces terres rouges montrent (fig. 20) :

- 10 cm de sol gris peu humique, avec des graviers de concentration et de nombreuses racines,
- 1,20 m d'argile limoneuse compacte rouge, à rares cailloutis anguleux de quelques cm. Débit prismatique. Quelques longues racines. Rares lits de galets anguleux,
- argile rouge de plus en plus claire vers la base par augmentation du nombre de poupées farineuses friables. Cailloutis plus abondant dans la moitié inférieure. Quelques galets volumineux.
- Croûte calcaire blanc-crème, friable, pulvérulente si sèche. Banc clair dans la topographie. Elle est poreuse. Les galets sont abondants. Epaisseur : 1 à 2 m. Le passage avec les cailloutis "A" se fait progressivement,

Latéralement, la partie supérieure de la coupe disparaît et il ne reste plus que la croûte qui durcit, blanchit, et devient lamelleuse. La croûte suit en général les ondulations de la topographie. La croûte pulvérulente peut être contraire au pendage ; mais elle est conforme à la topographie.

Elle se termine vers la base d'une manière diffuse ou nettement, mais avec des chandelles pénétrant les alluvions pliocènes. Cette coupe est celle d'un sol typique où la croûte représente l'horizon d'accumulation.

Cette croûte a un rôle morphologique plus important que la précédente. Elle fossilise entre autre la crête des Hézardareh.

6.3 - LES CROUTES D'ORIGINE HYDROGEOLOGIQUE.

6.3.1 - Description et localisation.

Dans la plaine limoneuse, notamment dans la plaine de Kahrizak (2ème glacis) les croûtes prennent une importance con-

sidérable. Les puits les traversent sur plusieurs mètres, voire plusieurs dizaines de mètres. Elles se superposent en alternant avec les limons. Ce sont les croûtes rose-saumon. Les coupes relevées dans les puits (fig. 43, 44, 45, 46), montrent des dispositions semblables, à savoir :

- sur une douzaine de mètres, une alternance de couches limoneuses roses et de croûtes très dures compactes semblables à des coulées de laves,
- au-delà de 12 m, des lits de sables et de galets verts aquifères se substituent aux limons.

Les premiers mètres possèdent des poupées calcaires dures et des taches farineuses qui peuvent provenir des actions pédologiques.

Mais, il est remarquable que les croûtes solides se situent dans la partie supérieure ou au-dessus de couches perméables servant d'aquifère ou ayant pu servir d'aquifère dans les temps anciens.

Dans le puits de M. Gémayel (Mehdiabad), une première croûte rose saumon épaisse de 2,50 m surmonte 2,30 m de sable fin jaune non cimenté (fig. 43).

Cette croûte tout en étant compacte, est poreuse.

Actuellement, la couche sableuse est sèche ; mais, il y a peu d'années la surface piézométrique était très proche de la surface. Dans la plaine de Kahrizak, sous une croûte rose saumon épaisse de 1 à 2 m, se trouve un conglomérat à galets verts cimentés par un grès calcaire qui surmonte un aquifère sableux.

Ces croûtes semblent s'être formées "in situ" sous une forte accumulation de limons. La croûte rose saumon dans les limons, se continue dans les conglomérats et parfois dans les sables sous-jacents avec une couleur grise. La couleur dépend uniquement de celle de la formation encroûtée.

6.3.2 - Relations entre les croûtes et les aquifères.

Nous pensons qu'il y a une relation étroite entre la croûte et la zone de saturation des eaux souterraines. Les dépôts calcaires se font dans la zone superficielle de l'aquifère, qui peut

correspondre à la zone des amplitudes entre les hautes et les basses eaux. L'eau en charge dans les graviers et les sables remonte dans les limons qui, s'ils sont peu perméables, sont très poreux. Actuellement, à la surface supérieure de la croûte rose saumon, on peut voir perler les gouttes d'eau et parfois de petits jaillissements de 1 cm de haut, malgré les 2 m d'épaisseur de cette croûte.

Donc, la croûte elle-même ne s'oppose pas à la remontée capillaire ou en filets de l'eau en charge.

Ainsi, la croûte serait liée uniquement à une nappe aquifère, en charge en général ; l'élément moteur de la remontée des eaux est la pression qui existe au sein de l'aquifère. Dans les nappes non en charge, la zone d'amplitude saisonnière de la surface des eaux est susceptible d'encroûtement.

6.3.3 - Origine du calcaire des croûtes.

D'où vient le calcaire nécessaire à la formation de la croûte ? pas nécessairement de la présence d'une roche mère calcaire. La teneur en CO_3Ca des eaux souterraines est suffisante voire optimum pour donner naissance à des dépôts de calcaire si un certain équilibre physico-chimique est rompu. Si l'on se réfère à la carte de salinité des eaux souterraines, on voit que les eaux sont bicarbonatées calciques comme faciès normal de la région.

Donc, dans les limites imposées par la concentration (cette concentration est vite atteinte et demeure relativement constante malgré l'augmentation de la teneur totale en sels solubles), un dépôt de calcaire peut se former uniquement à partir de la teneur en CO_3Ca des eaux souterraines indépendamment du terrain. Ce phénomène est courant et correspond à une certaine zonalité dans la répartition des salinités des eaux souterraines.

6.3.4 - Les croûtes gypseuses.

Un argument très favorable à cette hypothèse est l'existence de croûtes gypseuses. Tout comme les croûtes calcaires, les dépôts gypseux correspondent à une zonalité dans la répartition des salinités des eaux souterraines. Les croûtes gypseuses se trouvent au-dessus des croûtes calcaires ou à l'aval de ces croûtes.

Les coupes (fig. 23 et 47), montrent la superposition de ces croûtes. A la différence des croûtes calcaires, les croûtes gypseuses sont superficielles, à moins de 5 m de profondeur, c'est-à-dire dans les limites de la zone du sol atteinte par l'évaporation. Cette croûte est liée à l'évaporation ; c'est d'ailleurs l'évaporation qui est le facteur principal de la concentration des eaux telle que les sels de SO_4Ca précipitent. Au point de vue de leur répartition spatiale, les croûtes gypseuses se trouvent dans les zones d'évaporation des aquifères, en bordure des dépressions fermées du type chott ou sebkra. La nappe subaffleurante est concentrée par évaporation. A part la croûte "morphologique", aucun calcaire ne peut se former dans ces régions.

A la limite, les dépôts salins des kévirs correspondent à la précipitation des chlorures à partir des eaux souterraines sursalées par l'évaporation.

6.4 - EN RESUME,

les croûtes les plus importantes seraient d'origine hydrogéologique, c'est-à-dire, liées à l'existence d'une nappe aquifère.

- Le CO_3Ca , le SO_4Ca ou le ClNa , nécessaire à la formation des croûtes est fourni par les eaux souterraines.
- La répartition des croûtes calcaires, gypseuses et salines, doit se superposer avec la zonalité des salinités des eaux souterraines. Mais, les croûtes peuvent ne plus correspondre avec les aquifères actuels.
- Les croûtes calcaires peuvent se former en profondeur, hors d'atteinte de l'évaporation, mais au-dessus de la zone saturée. La remontée capillaire et l'évaporation peuvent naturellement activer ou favoriser le phénomène.

La croûte gypseuse est nécessairement liée à l'évaporation, facteur normal de la concentration des eaux en zone endoréique. Donc, croûtes calcaires, gypseuses et chlorurées peuvent se former sous le même climat et à la même époque ; seule, une répartition géographique liée à une zonalité des salinités, intervient.

Au cours de l'évolution géomorphologique des phases de creusement alternent avec des phases de sédimentation. Ces phases sont liées avec des conditions climatiques précises ; il s'en suit des variations dans les niveaux des eaux souterraines. Par exemple,

la mise en place du troisième glacis caillouteux a permis la constitution d'un aquifère directement alimenté par la rivière Karadj ; par contre la phase de creusement pré-"C" a dû provoquer un abaissement général des eaux souterraines.

Ces variations de la surface des eaux souterraines a pu favoriser la mise en place des diverses croûtes étagées.

Ces croûtes "hydrogéologiques" n'excluent pas l'existence de croûtes pédologiques enfouies sous plusieurs mètres de limons.

* *

*

III. - RESUME DES FAITS ET HYPOTHESES SUR L'EVOLUTION
GEOMORPHOLOGIQUE DE LA REGION DE TEHERAN.

1.- EVOLUTION DES FORMES DE RELIEF AU COURS DU QUATERNAIRE.

La reconstitution de l'histoire de l'évolution des formes du relief depuis le Pliocène, nous amène à considérer une alternance de cycles "érosion-sédimentation".

Les formes les plus anciennes de relief sont naturellement les plus affectées par les actions morphoclimatiques et tectoniques.

1.1 - LA REGION DE TEHERAN PENDANT LA SEDIMENTATION PLIOCENE.

Si une phase tectonique est à l'origine des épais dépôts de cailloutis dits "A", il ne faut pas lui donner une importance totale ; les actions climatiques totalement différentes de celles qui existaient au Miocène, ont exagéré les effets d'une tectonique mineure. Réciproquement, la différenciation du Pliocène se fait plus par la nature et la couleur des cailloutis que par des discordances indécélables.

Tectonique et climat s'allient pour fournir des masses considérables de galets qui ont leur origine dans les nouveaux reliefs formés de "roches vertes".

Il est probable que les reliefs de l'Elbourz étaient moins marqués qu'actuellement ou du moins qu'après le rajeunissement post-pliocène (ou Villafranchien).

Il semble que les apports étaient dûs à des cours d'eau importants ; dans la région étudiée deux zones sont à distinguer dans la répartition de ces alluvions fluviatiles.

Le piémont de Téhéran : à cette époque là, le piémont n'avait pas la même configuration qu'actuellement ; les apports devaient provenir de l'Est où il existait un sillon correspondant au synclinorium médian. Ce sillon débouchait en partie vers le Sud où le Djadgeroud fonctionnait déjà, et en partie vers l'Ouest où les alluvions s'épandaient en de vastes cônes d'épandages qui couvraient l'actuel piémont et le site de la ville.

Le massif du Sépayeh avait des reliefs suffisants pour servir de zone de partage des eaux et pour ne pas être recouvert par les alluvions.

Les apports directs du versant Sud du Tauchal n'introduisent que des variations latérales de faciès.

Les épandages de la rivière Karadj ou autre rivière venant de l'Ouest. Ils ont fourni des cailloutis qui se sont accumulés autour de reliefs volcaniques plus ou moins marqués. Ils occupent le Sud de la région étudiée. Actuellement, ces indices sont réduits.

1.2 - LES PHASES D'ÉROSION DU DÉBUT DU QUATERNAIRE.

1.2.1 - Le quatrième glacis des Hézardareh.

Il existe au sommet des Hézardareh une ancienne surface d'érosion recouverte d'un sol fossile. Est-ce un glacis ancien individualisé ou une partie du troisième glacis surélevé par la tectonique en même temps que le môle du Latyan ? La première hypothèse nous paraît fort possible, ce glacis correspondrait alors à une surface d'érosion qui a aplani les reliefs pliocènes (éventuel 4ème niveau).

1.2.2 - Le troisième glacis.

La phase tectonique post-Villafranchienne (?) qui a plissé les alluvions "A" a fortement rajeuni les reliefs de l'Elbourz du Sépayeh et les montagnes volcaniques du Sud. Plus qu'un plissement, cette phase tectonique s'est traduite par des soulèvements d'ensemble. Une phase d'érosion aplanit les reliefs

du piémont (surface d'érosion-support du 3ème glacis). Dans le Sud, cette érosion rabotte les marnes miocènes sur d'immenses surfaces. Les grands glacis supérieurs des bordures des kévir se sont façonnés à cette époque.

Alors que dans le Sud, ces surfaces ont conservé une certaine planéité, dans le piémont de Téhéran, la persistance des efforts tectoniques se traduit par des décalages en gradins de la surface nouvellement aplanie. En fait, il a fallu une certaine stabilité régionale pour que s'instaure cette phase d'aplanissement. Les déformations se font donc par saccades, ce qui ne veut pas dire brusquement.

1.3 - LA REGION DE TEHERAN PENDANT LA SEDIMENTATION DES ALLUVIONS "B".

Les alluvions "B" qui se déposent entre temps ne montrent pas d'accidents notables. Mais aux approches des anticlinaux pliocènes, certains pendages, jamais élevés, peuvent relever de la tectonique.

Le "B" se dépose dans les zones déprimées, puis ennoie les tronçons de la surface d'érosion surélevée. Seuls, quelques reliefs pliocènes émergent. Mais, dans l'ensemble, la couverture de "B" est assez réduite au-dessus des structures anticlinales.

Elle masque mal l'ancienne surface d'érosion.

Donc un glacis d'érosion est oblitéré par un glacis d'accumulation. Les dépôts "B" sont axés sur les structures anticlinales. Chaque alignement anticlinal fait fonction de relief et soutient son glacis d'épandage "B".

L'exhumation postérieure de la surface d'érosion et sa couverture d'alluvions "B" s'associent pour former le troisième glacis. Depuis la phase tectonique qui a plissé les alluvions "A", toute communication est coupée entre le piémont et la dépression médiane. Les apports se font à partir des versants de l'Elbourz. Au-delà du piémont caillouteux, des limons se déposent dans la plaine. Un grand glacis d'épandage limoneux s'étendait vers le Sud à la rencontre d'un niveau de base représenté par un cours d'eau détourné de la rivière Karadj. Les reliefs volcaniques formaient une ligne de partage des eaux de ruissellement. Les inselbergs étaient ceinturés par des rivières larges, qui déambulaient sur la surface plane creusée précédemment dans les formations miocènes. En tout point de ces cours d'eau, la charge devait

(The page contains faint, illegible markings or bleed-through from the reverse side.)

[illegible][illegible]

[Faint handwritten notes at the bottom of the page]

[illegible][illegible][illegible][illegible]



LA REGION DE TONKIN

PROVINCE DE TONKIN (VIETNAM)

(Scale 1:50,000)

	SANDSTONE
	SHALE
	GLACIAL DEPOSITS
	GLASSY SLATE

1 CM = 100 M



LA REGION DE TEHERAN
PENDANT LE PLEISTOCENE SUPER.
(Epoque du "C")

1
200.000



Reliefs rocheux



Alluvions antérieures



q₃c



q₃LP

fig. 51b

1.4.2 - Le creusement dans la plaine.

Pareillement à ce qui se passe actuellement, le creusement accentué dans le piémont est insignifiant dans la plaine limoneuse. Les incisions transversales sont indécélables.

Toutefois, au droit de la rivière Kan, une large vallée de direction Nord-Sud a profondément entaillé les glacis anciens.

Par contre, l'action des eaux provenant de l'Ouest (Karadj) est fortement inscrite dans le paysage.

Parallèlement au creusement du piémont, les bras de la rivière Karadj creusent de part et d'autre des reliefs volcaniques. Le glacis n° 3 est entaillé sur le parcours des rivières. Au Nord du Kouh-é-Arath, le creusement est limité par la falaise de Kahrizak qui date de cette époque. La branche Nord du Karadj alimentée par le Kan, s'enfonce entre la falaise de Kahrizak et la lanière du troisième glacis caillouteux.

Au Sud de la montagne volcanique, la branche majeure du Karadj se creuse une large vallée encaissée dans le troisième glacis dont il reste de larges surfaces entre le Karadj et le Roud-i-Schour actuels.

A l'Est, une branche occidentale du Djadgeroud façonne la suite de la falaise de Kahrizak.

Dans cette conception des faits, le troisième glacis devient la haute terrasse. Le terme est exact pour les cailloutis "B" du troisième glacis, mais plus restreint pour la falaise de Kahrizak.

Ainsi la falaise de Kahrizak indique à peu de choses près, l'extension limite du piémont de Téhéran ; la ceinture limoneuse du piémont de Téhéran se raccordait au lit de la branche Nord de la rivière Karadj au moment des épandages "B". Le creusement post-"B" a tronqué le glacis d'épandage limoneux au niveau de la falaise de Kahrizak.

L'enfoncement des niveaux de base locaux, s'est traduit sur le piémont du Kouh-i-Arath par un affouillement des glacis surtout dans la zone amont non protégée par le recouvrement des cailloutis "B". Entre le lit de la branche Nord du Karadj et les surfaces miocènes, il se produit une inversion de relief due à une protection de la lanière

du troisième glacis par la dalle de conglomérat encroûté. Les oueds descendant des reliefs du Mont Arath, creusent aussi bien latéralement que linéairement en raison même du type d'écoulement imposé par la conformation des zones d'alimentation sous un climat local relativement peu changeant. Le creusement se fait sur toute la surface miocène exposée et non protégée.

1.4.3 - Evolution de l'écoulement pendant la période de creusement post-"B" dans le Sud de la région.

Mais le creusement varie avec l'importance de l'oued. Dans le piémont de Téhéran, c'est la rivière Kan qui a le plus marqué la topographie post-"B"; dans le Sud, la branche principale du Karadj a creusé plus vite et plus fortement que la branche Nord. Si bien que au fur et à mesure de l'accentuation du retard dans le creusement, une tendance à l'abandon par les eaux, va marquer les zones les plus hautes. Les zones délaissées en premier sont celles qui environnent le premier et le deuxième alignements volcaniques. Mais, entre le deuxième alignement et le Kouhé-Arath, devait persister un écoulement correspondant dans doute à l'individualisation de la rivière Kan. Mais, il n'est pas exclu que des apports depuis le Karadj persistaient encore sporadiquement.

Vers la fin de la phase de creusement la quasi totalité de l'écoulement du Karadj devait passer à l'emplacement de la vallée actuelle.

Ainsi, le niveau de base de la région de Téhéran se déplace vers le Sud et s'abaisse.

Le délaissement de certaines zones par le déplacement de l'écoulement, permet l'isolement de certaines dépressions ; le kévîr de Tchamborax devait commencer à fonctionner tout au moins sous forme de Sebkha : bassin d'accumulation et d'évaporation des eaux superficielles. Les eaux souterraines ne devaient pas l'alimenter encore.

1.4.4 - Causes du creusement.

L'encaissement des rivières a une origine dans un changement climatique qui a favorisé tout au moins au début de la période, l'écoulement linéaire. Il n'y a pas à proprement parlé

de surface d'aplanissement datant de cette période. L'encaissement a certainement été favorisé par les réajustements tectoniques post-"B" ; on ne doit pas écarter une éventuelle intervention de la tectonique dans la migration des oueds vers le Sud. Mais, des différences dans la vitesse de creusement suffisent à expliquer ces phénomènes.

1.5 - LA REGION DE TEHERAN AU COURS DE LA SEDIMENTATION DES ALLUVIONS "C".

Cette phase de creusement généralisée a été suivie par une période d'accumulation qui a comblé en partie ou en totalité les zones précédemment surcreusées.

1.5.1 - Dans le Piémont de Téhéran.

Les alluvions "C" envahissent les dépressions synclinales : les alignements anticlinaux sont rarement ennoyés, sauf dans les zones précédemment entaillées.

Une ceinture de cône de déjection s'épanouit au Sud des alignements anticlinaux ; la rivière Kan construit un cône de déjection puissant qui oblitère une ancienne grande vallée qui avait profondément entaillé le piémont (fig. 51 b).

Les rivières Karadj et Djadgeroud construisent aussi leurs cônes aux débouchés des reliefs. La morphologie actuelle se façonne avec la mise en place du deuxième glacis.

1.5.2 - Dans la plaine.

Les formes d'accumulation du piémont se continuent dans la plaine par d'importants épandages limoneux. Les épaisseurs de limons ne sont fortes que dans les zones extérieures des grands cônes de déjection. Aussi dans la plaine de Téhéran, les limons "C" ont une puissance limitée. Par contre, à l'Ouest de notre carte, les épaisseurs augmentent, car les épandages sont alimentées par la jonction des cônes du Karadj et du Kan. Malgré les épaisseurs faibles localement, toute la région est recouverte par les limons. Ces dépôts étant relativement récents, ils sont bien conservés, ceci explique la grande extension des dépôts appelés q3LP (limons de plaine) sur la carte géologique.

Au droit des cônes de déjection importants (Karadj, Kan, Djad-geroud), la dénivelée de la falaise de Kahrizak est oblitérée. Par contre, elle persiste au Sud de Téhéran, car les apports ont été faibles. En bordure de la falaise, les limons encroûtés "B" affleurent.

Au Sud de la falaise, les dépôts limoneux sont plus importants toujours à cause de l'existence d'écoulement plus puissant. Un cône de déjection graveleux devait s'étendre au Sud de Rahimabad. Ce cône, alimenté par le Kan, est enfoui sous les limons.

1.5.3 - Autour des reliefs volcaniques.

Mais l'accumulation des limons se trouve localisée à un certain niveau, si bien que les reliefs volcaniques n'ont pas été touchés par les limons. Le Kan se fixe dans sa position actuelle et permet un colmatage réduit à quelques mètres de la vallée située entre les deuxième et troisième alignements volcaniques.

Au Sud du Kouh-é-Arath, le Karadj s'élève sur ses dépôts limoneux. Vers l'Est, la jonction des grandes rivières permet la constitution de vastes glacis d'épandages.

Dans les zones éloignées des grands oueds, les épandages ont une très faible épaisseur. Sur les piémonts, des reliefs volcaniques s'étale un reg de pierraille sur une seule couche en général. Le kévir de Tchamborax coupé de tout apport important, n'est pas touché par cette phase d'accumulation. Mais le relèvement du niveau des eaux souterraines lui permet de fonctionner comme un chott. La destruction de la couverture du troisième glacis donne des coulées de galets qui forment des regs de galets roulés sur les revers des alignements du troisième glacis. En bordure des kévirs, l'épandage sur de grandes surfaces de galets remaniés à partir du glacis supérieur, forme la couverture du "Dacht" de Bobek.

1.5.4 - Le pourtour de l'Anti-Elbourz.

Sur tout le pourtour de l'Anti-Elbourz, le piémont formé par la coalescence d'une multitude de cônes de déjection a été façonné à cette époque.

En somme, la morphologie actuelle date de cette phase de sédimentation.

1.6 - LA PERIODE DE CREUSEMENT ACTUELLE.

Une nouvelle période de creusement s'instaure. Elle caractérise les temps actuels. Elle a débuté depuis peu et son action est limitée au lit même des oueds. Aussi le deuxième glacis est-il très bien conservé.

Ce creusement est dû à la concentration de l'écoulement dans les oueds importants. L'érosion linéaire entaille profondément les glacis précédents. L'enfoncement des cours d'eau atteint localement des niveaux plus bas qu'au cours des phases de creusement antérieures. Creusement et accumulation des déblais coexistent. Dans le piémont de Téhéran, un véritable glacis d'accumulation se forme actuellement.

Dans la plaine limoneuse, l'absence de cours d'eau véritables se traduit par une érosion quasi nulle. Ce n'est qu'à l'approche des kévirs que se constitue un glacis d'épandage. Plus à l'amont, on ne peut que parler d'une terrasse inférieure, et seulement dans les lits des cours d'eau importants.

Ce premier glacis ou terrasse inférieure peut d'ailleurs correspondre à une légère variation des conditions climatiques au cours de l'actuelle phase de creusement.

L'enfoncement continu ne permet pas encore une érosion latérale. Les seules formes d'aplanissement sont d'accumulation (ou d'épandage) (fig. 51 c).

L'évolution morphologique, en dehors des effets de la tectonique est commandée par l'écoulement. Or, l'écoulement est constamment sous la dépendance de bassins de réception réduits en surface. Par suite, érosion ou sédimentation se limite à des effets locaux qui ne dépassent pas le cadre du piémont proprement dit. Les cours d'eau du piémont de Téhéran possèdent leur niveau de base local dans le pié-

mont lui-même. Par suite érosion et sédimentation peuvent coexister et ce, pendant une même période. Le ruissellement diffus qui s'échappe de ce piémont suffit à construire la plaine limoneuse. Mais, l'absence de cours d'eau se traduit par une rupture entre la morphogénèse de la plaine et celle du piémont. Les apports limoneux viennent du piémont ; mais ils sont façonnés par un autre système hydrographique.

* *

*

2.- QUELQUES PRECISIONS D'ORDRE GEOLOGIQUE.

Ces longues considérations géomorphologiques nous ont permis de comprendre ou tout au moins de donner des éclaircissements à certains problèmes.

2.1 - TECTONIQUE RECENTE.

Les cailloutis "A" ont en partie leur origine dans une phase tectonique qui a rajeuni les reliefs élaborés au cours du Miocène. Cette phase fini-miocène (post-pontienne ?) n'est décelable dans la région que par ses effets sur les changements lithologiques.

- Le plissement des cailloutis "A" est certainement plus récent ; si le quatrième glaciaire a une existence propre, le plissement est postérieur à une phase d'érosion certainement du Quaternaire ancien (Villafranchien ?). Ce plissement se superpose à une fracturation du socle.
- Une surface d'érosion anté-"B" est disloquée par le jeu des fractures post-pliocènes.
- Dans le Sud, simple gauchissement de cette surface.

- La fin de la phase d'accumulation et d'encroûtement du "B" est marquée par un nouveau rejeu, plus faible dans le piémont et par un gauchissement du troisième glacis dans le Sud.
- Si la tectonique continue son action actuellement, ce qui est fort probable, ses effets ne sont pas encore inscrits dans la morphologie.

L'évolution climatique étant plus rapide que les déformations d'ordre tectonique, et les phases morphoclimatiques étant de plus en plus courtes, ce sont les effets du climat qui modèlent les formes dans les époques les plus récentes.

2.2 - PRECISIONS STRATIGRAPHIQUES.

La géomorphologie nous a amené à réviser certaines idées erronées sur la stratigraphie de la plaine de Téhéran.

- Les ressauts topographiques (de Rey, de Kahrizak) ne sont pas les limites d'extension de terrains d'âge défini. Ils correspondent aux limites de glacis emboîtés, souvent dans la même formation.

Ainsi, les limons au-dessus et au-dessous de la falaise de Rey sont d'âge "B" avec une couverture de limons "C" aussi bien à l'amont qu'à l'aval du ressaut (fig. 49). Même chose pour la dénivelée de Kahrizak : mais le creusement aval a localement éliminé les dépôts "B" et atteint le Miocène (fig. 50).

- Les cailloutis encroûtés du troisième glacis ne sont pas du Pliocène en place, mais un épandage daté du "B", pouvant remanier le "A", mais aussi alimenté par des apports nouveaux (fig. 51).
- Les surfaces planes qui s'étendent jusqu'au kévir sont recouvertes de cailloutis quaternaires ; les affleurements de Pliocène caractérisé sont rares. La plus grande partie du "Dascht" de Bobek doit être rajeunie.
- Lors de l'interprétation en profondeur des coupes en travers de la plaine, il faut tenir compte que des phases d'érosion souvent très efficaces, ont alterné avec les creusements successifs et ont souvent atteint le Miocène ; aussi vouloir faire ressortir le

Pliocène (qui n'en est pas) peut conduire à de graves erreurs d'interprétation. Il faut rechercher les alluvions anciennes dans des poches épargnées par l'érosion, plus en amont sous les limons, là où les surfaces d'aplanissement ne se sont pas superposées à plusieurs reprises (fig. 43).

- Erosion et accumulation sont des phénomènes cycliques à grands effets morphologiques dans les zones directement influencées par les grands oueds. Les creusements les plus profonds, les accumulations les plus fortes ont alterné aux même endroits ; c'est dans ces zones que les poches alluvionnaires sont les plus importantes. Mais, les formes anciennes sont très mal conservées ; des alluvions très récentes peuvent reposer directement sur des terrains anciens.

Par contre, en dehors de l'influence des grands oueds, des formes aplanies en général, par un écoulement diffus, peuvent être très anciennes. Creusement et sédimentation sont réduits ; le matériel est fin.

- La résultante finale de l'évolution géomorphologique est un creusement progressif, ce qui explique les formes étagées. Donc, ce n'est pas fatalement sous les formations récentes que l'on trouvera les plus fortes accumulations alluviales, au contraire le substratum peut être très proche.

* *

*

3.- CLIMATO-MORPHOLOGIE.

3.1 - MORPHOLOGIE CLIMATIQUE DANS LE PIEMONTE.

Dans la région qui nous occupe, les bassins de réceptions des différents oueds sont tous de tailles réduites. Seule, la rivière Kan possède un bassin assez étendu, mais toujours dans des proportions faibles.

L'Elbourz, recevant la plus forte pluviosité de la région, est incapable d'alimenter ses oueds plus de la moitié de l'année. Même au cours des climats les plus humides, l'impossibilité d'accumuler des volumes d'eau suffisants, se traduit par une faiblesse de la durée des crues, une compétence réduite et des oueds de faible longueur. De cet état de faits, il résulte que très peu d'oueds sont capables de franchir le piémont caillouteux. Il existe un phénomène d'autocatalyse entre ces oueds et le piémont ; le piémont est formé par l'accumulation des dépôts abandonnés par des oueds peu puissants ; les oueds meurent sur le piémont à la suite de la division de l'écoulement en ruisselets diffus, de l'infiltration sur une surface très perméable, de l'évaporation favorisée par la division de l'écoulement et de la diminution de la pente à la sortie des reliefs.

Les dépôts se superposent ou s'emboîtent les uns sur ou dans les autres, mais toujours dans les limites du piémont. Pluvial ou inter-pluvial, il y a toujours phénomène d'accumulation. Dans les phases les plus arides, il peut y avoir arrêt de la sédimentation ; ce qui n'a certainement pas été le cas pour les oueds du versant Sud de l'Elbourz. En période sèche, les épandages se font dès la sortie des reliefs. Les cônes de déjection se raccordent avec les reliefs.

Dans les phases les plus humides, mais toujours dans le cadre d'un climat à tendance aride, l'écoulement concentré sortant des reliefs peut persister encore sur le piémont et être à l'origine d'une érosion linéaire qui entaille le piémont vers l'amont. Mais, la charge dépassant rapidement la puissance (par sapage du fond ou des berges caillouteuses par exemple) de fortes d'accumulations se développent à l'aval du piémont lui-même. Une ceinture de cône de déjection souligne la limite externe du piémont caillouteux.

Le piémont à tendance à s'accroître en largeur.

3.2 - CLIMAT ET MORPHOLOGIE DANS LE SUD DE LA REGION.

En ce qui concerne les épandages de cailloutis (ceux du troisième glaciaire du Sud), nous sommes obligés d'admettre l'existence de cours d'eau suffisamment puissants pour transporter une telle masse de galets. Seule, une phase pluviale peut expliquer ces épandages de cailloutis grossiers.

Les remplissages des dépressions par des dépôts limoneux ne demandent pas de cours d'eau puissants. Le transport des matériaux

fins est possible même au cours du ruissellement diffus.

Le creusement par les oueds demande une concentration des écoulements que nous voyons mal en période sèche. A l'aval du pont du nouvel autoroute de Karadj qui franchit la branche orientale de la rivière Kan, une crue a creusé de 2 m le lit.

3.3 - COMMENT CONCEVOIR LES VARIATIONS CLIMATIQUES DU QUATERNAIRE.

D'une façon générale, nous pensons qu'au cours du Quaternaire, il s'est instauré un type de climat à tendance aride caractérisé par une forte continentalité due à la présence de la barrière montagneuse de l'Elbourz. C'est avec la surélévation de l'Elbourz à la fin des temps Tertiaires que commence ce type de climat. Par la suite, l'alternance "Pluvial - inter-pluvial" n'apporte que de faibles variations dans ce type de climat ; la pluviosité n'a pas dû varier beaucoup. Tous les phénomènes géomorphologiques importants sont liés à la présence d'écoulements suffisants. Ce sont des variations dans le mode de l'écoulement qui apportent des types de modelés différents. Il semble que le facteur majeur de ces variations de types d'écoulements soit la température. Un faible abaissement de la température suffit pour déclencher une série de phénomènes liés les uns aux autres et dont la résultante est totalement différente de ce qui se serait produit s'il y avait eu une faible augmentation de la température (inversion du bilan hydrique par abaissement de l'évaporation).

Evaporation, perméabilité des terrains, ruissellement, temps de concentration de l'écoulement, végétation, formation de sols, etc ... sont autant de phénomènes sensibles à des faibles variations de la température. Le même stock d'eau disponible à la sortie des reliefs sera utilisé différemment par la nature suivant les modifications apportées dans les facteurs énumérés ci-dessus.

3.4 - TENTATIVE DE CHRONOLOGIE PLIO-QUATERNAIRE.

Les enseignements dégagés au cours de l'étude de l'évolution des formes de reliefs, de l'alternance des cycles, "érosion - sédimentation" et de la morphoclimatologie, sont consignés dans un tableau récapitulatif (tableau II). La confrontation de ces résultats permet une esquisse chronologique du Quaternaire.

Nous plaçons dans le Pléistocène inférieur une série de phénomènes tectoniques et morphologiques qui ont façonné les cail-loutis pliocènes.

- La masse des alluvions "B" représente certainement plusieurs phases morphoclimatiques que nous avons groupées dans le Pléistocène moyen. Par analogie avec les descriptions Nord-Africaines, nous pourrions paralléliser avec l'Ougartien ou le Tensiftien (Riss) la plus grande partie des dépôts "B".
- La grande phase de creusement qui a précédé le dépôt du "C" peut être rattachée à l'Interpluvial Riss/Würm.
- La formation "C" correspondrait à la dernière période froide du Quaternaire. Il y a eu une augmentation de l'écoulement sans que l'on puisse parler d'une phase pluviale marquée. Les accumulations sont riches en particules fines terreuses ; le climat était favorable à la pédogénèse.

Le "C" peut être parallélisé avec la phase de glaciation "Würn". Le creusement actuel caractérise l'Holocène. Le glacis n° 1 peut indiquer un arrêt dans cette phase de creusement, correspondant avec une réccurence humide (terrasse et épandages limono-argileux).

Nous donnons cette esquisse chronologie dans le but de servir d'hypothèse de travail.

CONCLUSIONS SUR LA GEOMORPHOLOGIE DE LA REGION DE TEHERAN.

Au cours des nombreuses pages qui précèdent, nous avons fait appel à des notions qui, sans être nouvelles, sont encore trop peu utilisées. La géomorphologie n'est pas seulement une accumulation de descriptions de paysages, mais un outil efficace en ce qui concerne l'étude des formations récentes.

Il faut voir dans ce chapitre sur la géomorphologie, une suite normale à l'étude géologique des alluvions de Téhéran.

Les phases d'érosion et d'accumulation qui se sont succédées au cours du Quaternaire avec des intensités différentes dans le temps et dans l'espace, rendent complexes et délicates les interprétations géologiques, notamment dans les zones iniformisées par les épandages limoneux.

Les déformations et les dislocations des glacis nous ont familiarisé avec une tectonique en constante évolution. Si les actions de cette tectonique sont plus marquées dans les périodes du Quaternaire les plus reculées, c'est qu'elles ont eu le temps d'agir; actuellement, il est diffi-

cile de se prononcer ; un certain recul dans le temps nous fait défaut. Mais la constance de reliefs anticlinaux et de dépressions synclinales fait penser à la permanence des actions tectoniques. Les agents climatiques sont-ils suffisants pour expliquer l'étagement régulier des glacis qui traduit une tendance générale et continue vers le creusement ? Les actions climatiques s'associent très souvent aux effets de la tectonique.

Nous sommes arrivés à la conviction que le climat de tendance aride à semi-aride qui s'est instauré aux débuts des temps quaternaires, n'a subi que très peu de variations. Des écarts thermiques de quelques degrés peuvent avoir des conséquences géomorphologiques suffisantes pour expliquer les principaux faits du Quaternaire.

L'agent principal du modelé est l'écoulement superficiel. Encore, faut-il qu'il soit suffisant pour apporter de grands changements dans le paysage. En dehors des grands oueds, ce sont les surfaces aplanies et emboîtées qui dominent la morphologie, l'empreinte du passé est la mieux conservée.

Dans les zones directement influencées par les grands oueds, les creusements et les accumulations plus importantes ont oblitéré les formes anciennes.

L'action éolienne est très modeste par rapport aux effets de l'écoulement. Le kévir de Tchamborax est un résidu d'une phase de creusement suivie par un abandon par migration d'un oued. Il ne correspond pas à une cuvette de déflation éolienne. Nous avons esquissé un tableau chronologique ; mais, le manque de preuves sédimentologiques, paléontologiques et préhistoriques, ne nous permet pas de donner un âge à l'une des formations de Téhéran.

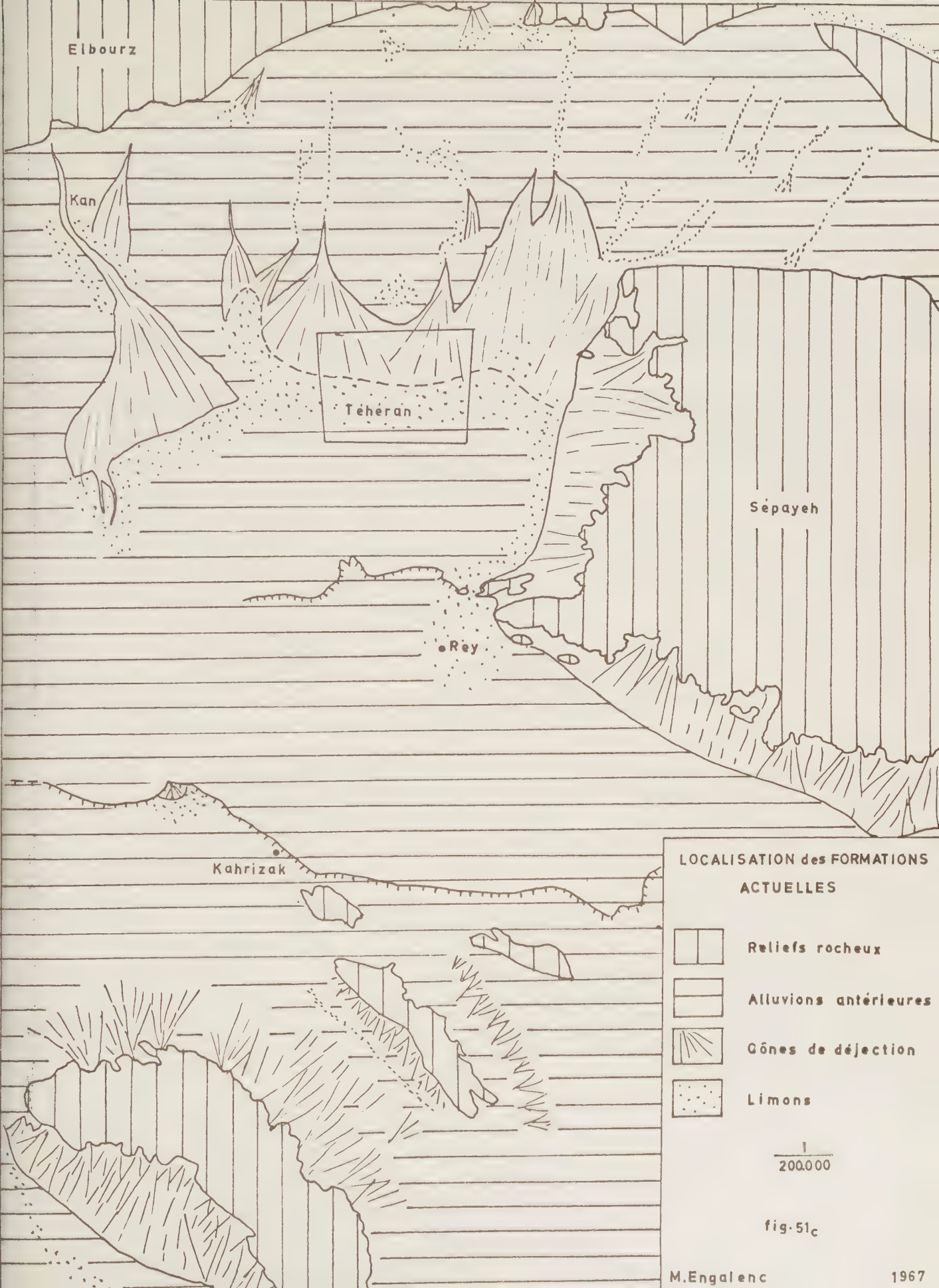
Souhaitons que toutes ces considérations éveillent un intérêt auprès de géomorphologues attirés par la zone aride ; l'Iran Central et ses bordures offre un domaine aussi captivant qu'immense à l'étude géomorphologique.

* *

*

PIEMONT	PLAINE	SUD DE TEHERAN	DEPOTS	AGE
Dépôt des cailloutis "A"	?	dépôts de "A" depuis l'Ouest	A	Pliocène
Surface d'érosion (?) 4ème niveau des Hézardareh Sols rouges Plissements du "A" Aplanissement Rejeu tectonique qui désarticule le glacis d'érosion	? plissement et cassures Aplanissement ?	remontée du volcanisme immense glacis d'érosion gauchissement de la surface du glacis		Pléistocène inférieur
Dépôt du "B" ; 3ème glacis ; encroûtement Rejeu tectonique (rejeu des failles) Creusement localisé dans les oueds et les synclinaux	Limons "B" ; bancs de graviers vert encroûtement 4ème niveau de Rey (?) Creusement limité aux lits des oueds Palaise de Kahrizak	3ème glacis caillouteux encroûtement gauchissement du 3ème glacis creusement concentré décapage du Miocène ; inver- sion de relief sebkra	B (Riss?) fin du "B" inter Riss Wurm ?	Pléistocène Moyen
Dépôt du "C" ; 2ème glacis ; ceinture de cônes de déjection	Limons peu épais	colmatage des lits des oueds 2ème glacis ; chott, regs, épandages	C Wurm ?	Pléistocène supérieur
Creusement linéaire amont, accumulation aval. Ceinture de cônes de déjection	Creusement très limité dans le lit des oueds importants. Dépôts insignifiants	enfonce- ment des lits des rivières. Ter- rasses et 1er glacis dans les grands oueds et zones d'épandages	D	Holocène et Actuel

Tableau n° II - RECAPITULATION DES FAITS GEOMORPHOLOGIQUES AU COURS DU
PLIO-QUATERNAIRE. HYPOTHESE CHRONOLOGIQUES



Elbourz

Kan

Téhéran

Sépayeh

Rey

Kahrizak

LOCALISATION des FORMATIONS
ACTUELLES



Reliefs rocheux



Alluvions antérieures



Cônes de déjection



Limons

1
200.000

fig. 51c

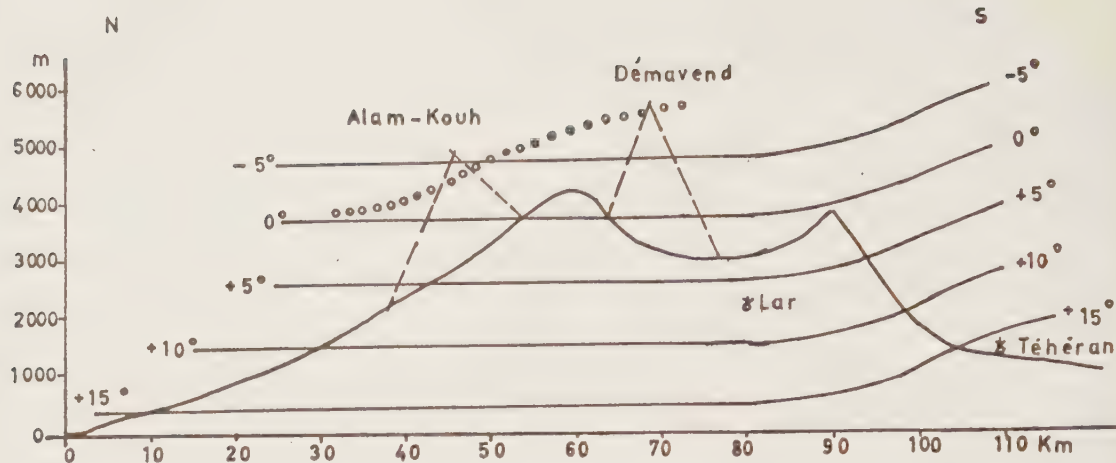


fig 52 Les limites altitudinales bioclimatiques dans l'Elbourz (Ch.P. Péguy)

ooo limite des neiges persistantes

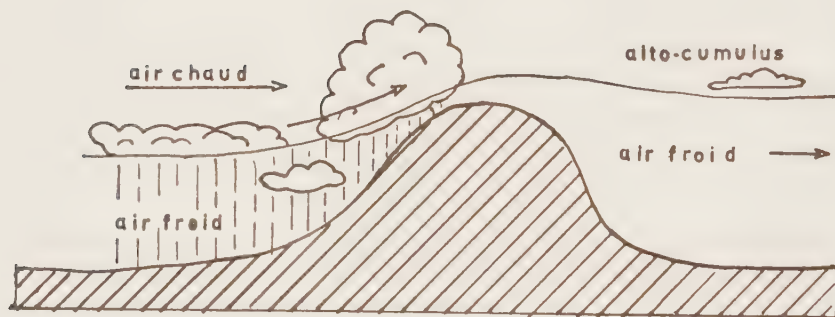


fig. 53

(d'après G.Tschirhart)

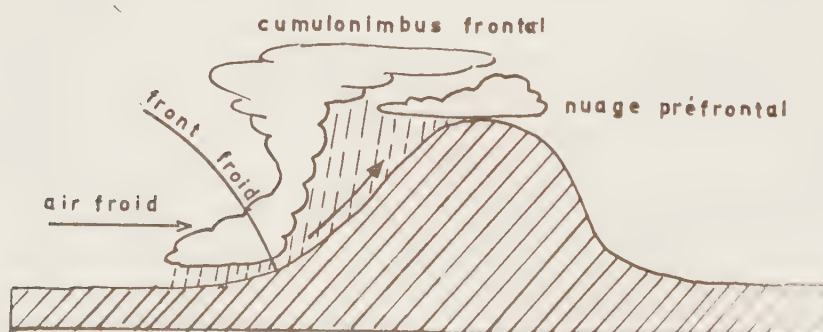
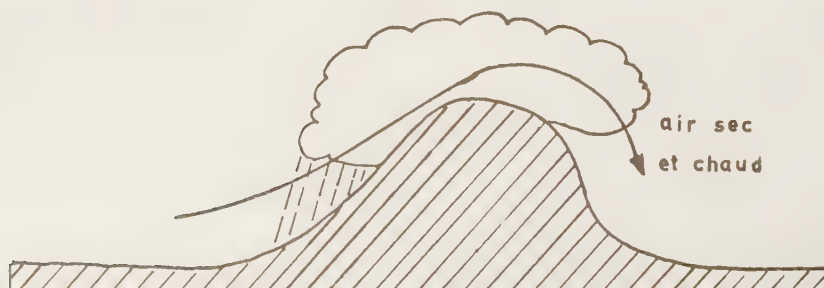


fig. 54



TROISIEME PARTIE

HYDROGEOLOGIE DE LA
REGION DE TEHERAN

- I. - CLIMATOLOGIE
- II. - HYDROLOGIE DE SURFACE
- III.- HYDROGEOLOGIE (Eaux Souterraines)

I.- CLIMATOLOGIE.

=====

Le but que nous recherchons est de placer la région dans un cadre climatiquement spécifique : celui de la zone Aride. Ce cadre défini, il est plus aisé de comprendre certains phénomènes tant hydrologiques, qu'hydrogéologiques et géomorphologiques.

Vouloir se servir des données climatiques pour établir un bilan hydraulique peut paraître aléatoire étant donnée la pauvreté des observations, leur mauvaise répartition, et la grande variabilité des phénomènes en zone Aride.

* *
*

1.- GENERALITES SUR LE CLIMAT.

La région de Téhéran est située sur la bordure Nord du Plateau Central Iranien ; elle est coupée des influences Caspiennes par la Haute chaîne de l'Elbourz.

La présence de ces forts reliefs, prépondérante sur l'hydrologie et l'existence même de la ville de Téhéran, joue un rôle néfaste sur le climat et renforce l'action désertique du Plateau Central.

Téhéran est construite sur le Piémont Sud de l'Elbourz à des altitudes variant de 1100 m pour le Sud de la ville, à 1200 m environ pour le Nord de la ville elle-même, et jusqu'à 1700 m pour les quartiers de Chémiran les plus septentrionaux.

La barrière de l'Elbourz s'élève brusquement jusqu'à près de 4000 m au Mont Tauchal.

1.1 - INFLUENCE DES RELIEFS SUR LE CLIMAT DE TEHERAN.

Ch. P. PEGUY (60) a mis en évidence le contraste climatique qui existe entre les pays de la Caspienne situés au Nord de l'Elbourz et le secteur aride qui nous occupe. Une anomalie positive dans les températures caractérise l'Iran intérieur. Le gradient thermique est plus fort sur le versant Sud de l'Elbourz que sur le versant Nord. Nous joignons une figure (fig. 52) empruntée à cet auteur ; les plans isothermes se relèvent sur l'extrême bordure Sud de l'Elbourz.

Le contraste est encore plus marqué par les totaux pluviométriques.

Les rivages Caspiens reçoivent plus de 1700 m de pluie alors que Téhéran doit se contenter de 213 m.

Pourquoi ce contraste ? G. TSCHIRHART donne de bonnes explications sur l'influence des reliefs sur les pluies.

"Le relief intervient par action mécanique et par action thermo dynamique, l'une et l'autre étant favorables aux ascendances de l'air.

- Le front chaud qui aborde le relief a une pente plus forte, ce qui avance le début de la précipitation et en augmente l'intensité (fig. 53).
- Une masse d'air chaud contrainte au soulèvement par l'arrivée de l'air froid peut atteindre son niveau de condensation (fig. 54).
- Pour les fronts froids et chauds, le relief important est un élément retardateur à la progression des fronts, prolongeant la durée des pluies".

Il en résulte une augmentation de la durée et de l'intensité des pluies au vent des reliefs.

"L'excès des pluies en amont des reliefs est compensé par le déficit qui se produit sur le versant sous le vent. Une masse d'air humide qui s'élève le long du flanc d'une montagne, atteint son niveau de condensation ; si une précipitation se produit, l'humidité spécifique de la masse d'air diminue et lorsqu'elle se

trouve sur la pente descendante de la montagne son niveau de condensation est plus élevé. La base des nuages s'élève sous le vent des montagnes, provoquant souvent la dissolution totale du nuage". Il en résulte un effet de "Foehn".

Par compression adiabatique, la masse d'air atteint une température plus élevée qu'au départ ; la pente d'énergie latente due à la précipitation se retrouve sous forme de chaleur" (fig. 55).

1.2 - LA CIRCULATION GENERALE DE L'ATMOSPHERE ET L'ORIGINE DES PLUIES AU NORD DU PLATEAU IRANIEN.

Dans son étude agroclimatologique sur le Proche-Orient, PABOT (144) considère que "cette région est caractérisée dans sa plus grande partie par un climat du type Méditerranéen, avec des températures subtropicales et un régime typique de pluies hivernales. Ce climat est lié à la latitude, à la circulation générale de l'atmosphère, à la topographie, et à l'action réciproque de la terre et de la mer".

Les pluies hivernales sont d'origine cyclonique, en provenance de l'Atlantique ou de la Méditerranée, sous l'influence de courants d'Ouest. Les cyclones se forment sur une branche du "jet" polaire dans la troposphère supérieure.

Le Nord du Plateau Iranien est influencé par deux types de cyclones :

- Cyclones associés à des ondes peu prononcées se déplaçant rapidement sur une branche Nord des courants d'Ouest de la troposphère supérieure. Ils sont à l'origine des pluies hivernales.
- Cyclones du type stationnaire associés à des thalwegs froids en altitude. Ces cyclones attirent des masses d'air humide et chaud depuis le Golfe Persique, ces masses d'air remontent vers le Nord et produisent des pluies de printemps, au Nord du Plateau Iranien. Téhéran a un maximum pluviométrique en Avril.

1.3 - NATURE DU SOL ET SON REVETEMENT.

Reliefs volcaniques sombres, massif terne et sombre de l'Anti-Elbourz, masse dénudée assez sombre de l'Elbourz, dominance des roches volcaniques et des calcaires, piémont caillouteux à sols squelettiques constituent des milieux naturellement secs.

Ces sols sont pourtant souvent opposés au point de vue perméabilité ; les tufs et les schistes noirs de l'Elbourz sont quasi imperméables et le siège d'un ruissellement intense.

Par contre, les calcaires du Sépayeh très fissurés et les piémonts caillouteux sont très perméables.

Lors des averses, l'eau ruisselle rapidement et à peu près intégralement sur les sols imperméables, ou s'infiltre aussi rapidement dans les sols perméables. Aussi, peu de temps après les averses, la surface des roches est sèche. Sauf vers l'aval, en direction de la zone d'évaporation, il est très rare d'observer des zones d'eau stagnante. La non permanence, même temporaire, d'humidité à la surface du sol, réduit considérablement le temps de concentration des crues ne facilite pas l'implantation d'une pelouse même clairsemée, et n'influe que très peu dans le sens d'un adoucissement des conditions climatiques locales ; au moment de la pluie, il y a un brusque abaissement de la température qui est suivi par une rapide remontée thermique due à la persistance de l'insolation et à la fin de l'évaporation. La surface du sol est ainsi soumise à de fortes et rapides amplitudes thermiques. Ces variations sont d'ailleurs certainement plus fortes au niveau du sol qu'à deux mètres sous abri.

Les cônes de déjection, très perméables, ont été comparés à du buvard : les crues s'évanouissent sur leur surface ; eux aussi ne conservent pas longtemps les traces d'humidité. Aussi, toutes ces formations ne sont recouvertes que par une végétation ouverte, très clairsemée à l'état naturel.

Les surfaces imperméables portent des buissons xérophytiques très espacés et souvent absents sur les pentes de l'Elbourz et sur les collines volcaniques.

Le piémont est très désolé avec sa couverture de pieraille ou ses cônes caillouteux.

Seuls, les limons, hydrologiquement favorisés, sont susceptibles de porter des placages herbeux.

L'action de l'Homme sur les cultures, porte essentiellement sur la plaine limoneuse, dans une zone de pluviométrie faible, où l'écoulement est désorganisé ; elle favorise l'évapotranspiration.

1.4 - INFLUENCE D'UNE GRANDE VILLE SUR LE CLIMAT.

Il est bien connu qu'une grande ville apporte des changements locaux dans le climat régional. De tels microclimats ont été observés à Paris et à Moscou (143).

Les combustions d'origines diverses, le manque de ventilation à l'intérieur de la surface habitée, l'énorme champignon gris-ocre de poussière et de fumée qui encapuchonne la ville, favorisent un réchauffement certain de Téhéran. Hiver comme été, il fait plus chaud en ville que dans la campagne environnante (sans parler des variations d'altitude).

Au mois de Décembre, nous avons observé une température de 20° 8 en ville (Nadéri) à 7 h du matin, et 18° à Kahrizak au même moment. Les différences thermiques sont plus sensibles la nuit que le jour à cause de la pureté du ciel en dehors de la ville, et la persistance du champignon poussiéreux en ville.

La couverture de poussière et de fumée uniformise dans certaines limites les oscillations thermiques.

L'été, des orages souvent secs se localisent au-dessus de la ville. Il pleut en ville alors qu'au Sud de Char Rey soufflent seulement des rafales de vent ; mais, il est difficile de dire si ces orages sont dûs à la proximité des reliefs ou à la présence d'un foyer surchauffé favorable aux mouvements ascendants.

Les valeurs météorologiques relevées à Téhéran même ne sont pas vraiment représentatives de la région.

* *

*

2. - LES DONNEES D'OBSERVATION - LEUR INTERPRETATION.

2.1 - LE RESEAU DES STATIONS D'OBSERVATION.

Si pour la ville le nombre de stations d'observations météorologiques est actuellement assez élevé, leur jeunesse ne permet pas toujours une exploitation valable des données. La station de base est celle de l'aéroport de Mehrabad parce qu'elle est un peu en dehors de la ville.

D'anciennes stations possédant des données sur de nombreuses années ne sont plus mentionnées dans les rapports du service Météorologique d'Iran. Ainsi, la station de l'Ambassade de Grande Bretagne a des valeurs qui portent sur 44 ans de 1893 à 1940.

Les autres stations n'apportent que des renseignements fragmentaires et actuellement insuffisants :

- . Amirabad : 3 à 5 ans,
- . Météo-Exibition : 3 à 5 ans,
- . Chémiran-Dézachoub : 5 ans,
- . Téhéran-Sud (filatures) : 5 ans,

En dehors de Téhéran :

- . Kahrizak : 5 à 7 ans,
- . Latyan : 13 ans,

Hors de la zone étudiée :

- . Karadj : 10 à 12 ans,
- . Varamine : une dizaine d'années.

La zone montagneuse n'a aucun poste d'observation.

Nous n'avons aucune indication sur les précipitations solides. Les estimations se font à partir de stations montagneuses qui n'appartiennent plus au versant aride de l'Elbourz (Lar Poulour).



fig.56 Moyennes mensuelles des pluies à Téhéran (1943-63)

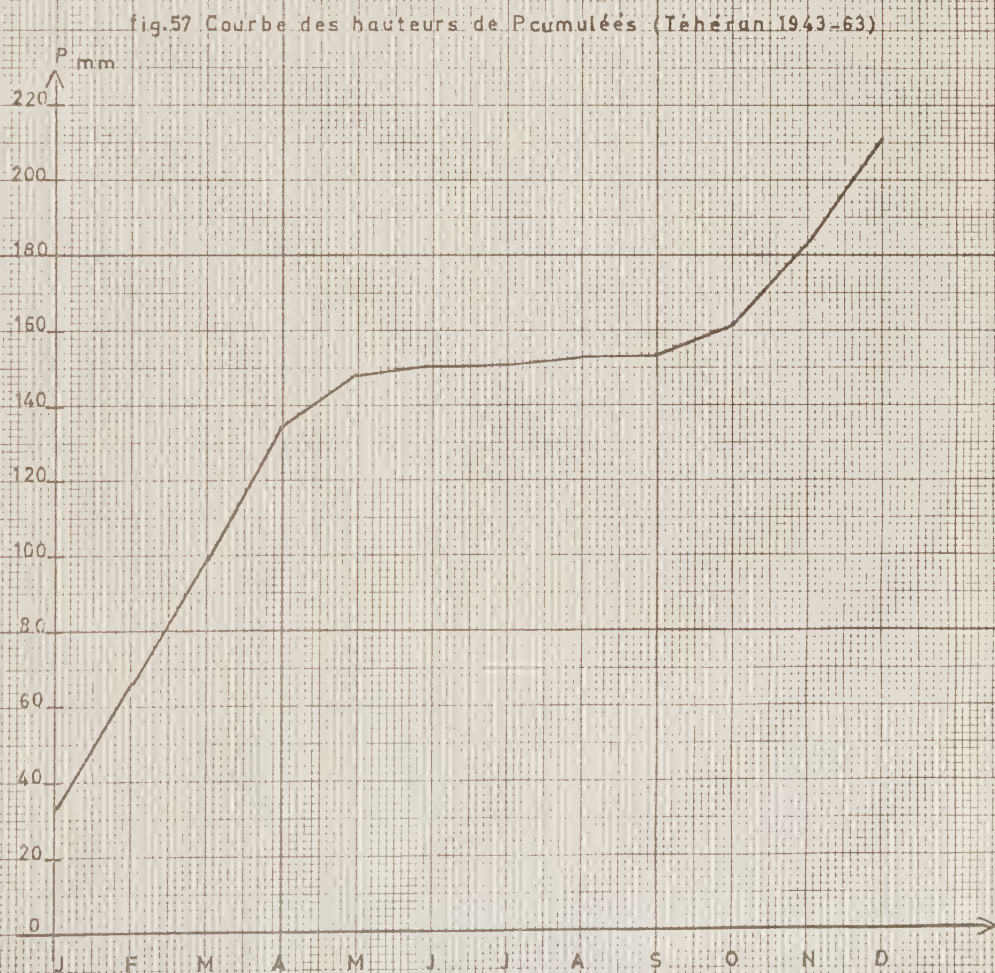


fig.57 Courbe des hauteurs de Pcumulées (Téhéran 1943-63)

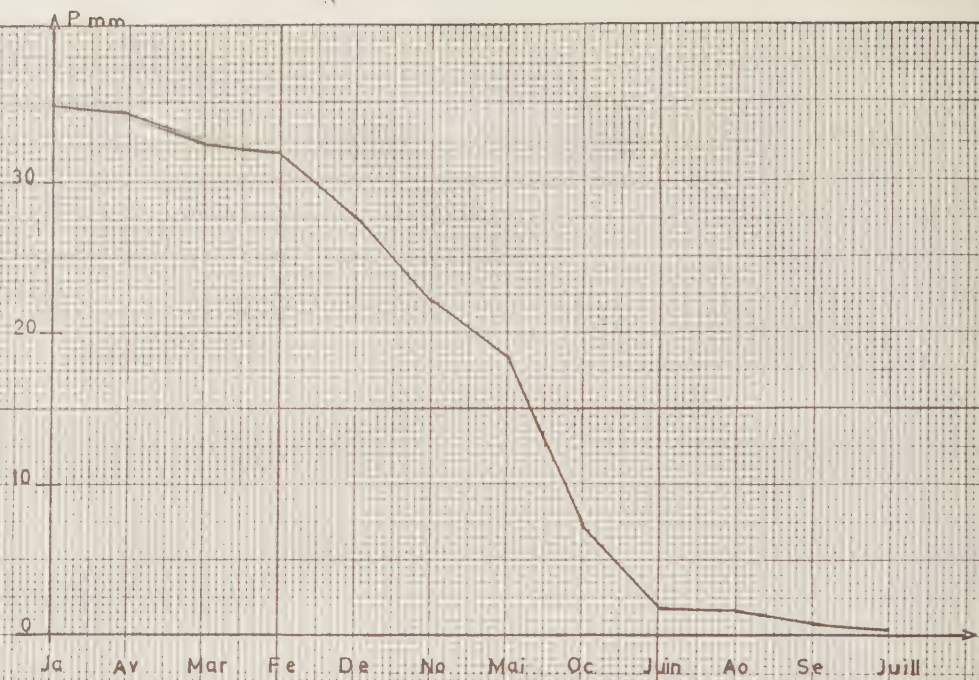


fig.58 Hauteurs de P classées (Téhéran 1943-63)

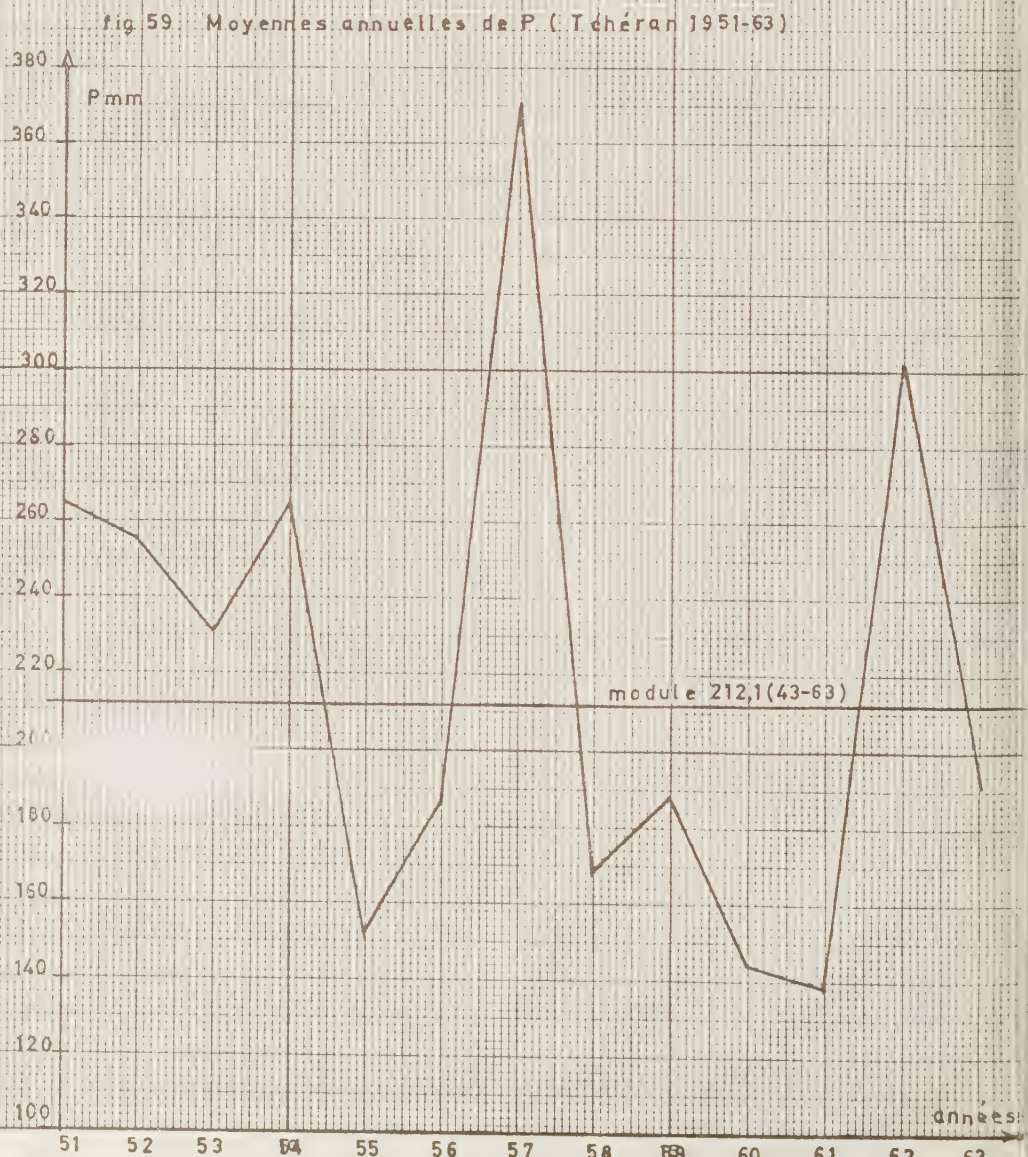


fig.59 Moyennes annuelles de P. (Téhéran 1951-63)

2.2 - LES PRECIPITATIONS.

2.2.1 - Hauteur moyenne normale de pluie annuelle.

Elle varie suivant les auteurs et suivant la station prise pour référence.

- . Sur 21 années, la moyenne relevée à Mehrabad est de 212,1 mm,
- . Place Ferdowsi : 226,7 mm sur 14 années,
- . Ambassade Grande Bretagne : 244,6 mm sur 44 ans.

Les autres stations de la ville donnent des valeurs inutilisables.

Mentionnons encore :

- . Kahrizak : 116,5 mm sur 7 ans,
- . Karaj Agriculture : 253,6 mm sur 11 ans,
- . Latyan : 339,8 mm sur 13 ans,
- . Varamine : 135,1 mm sur 10 ans.

2.2.2 - Régime pluviométrique.

La répartition des pluies dans l'année a une plus grande importance que la moyenne annuelle.

Le tableau (IV) et les figures 56, 57 et 58, montrent que les pluies sont inégalement réparties dans l'année. Les précipitations sont hivernales avec un maximum en Janvier (35 mm), et un autre en Avril (34,8). Ces deux maxima équivalents sont séparés par un léger minimum de Février (32,1). Les six mois froids de l'année (Novembre à Avril) reçoivent 185 mm, soit plus de 87 % des pluies totales.

Quatre mois (de Janvier à Avril) ont 134 mm, soit 63 % du total annuel. Janvier ou Avril reçoit 16 % des pluies annuelles, alors que Juillet doit se suffire de 0,6 mm, soit 0,3 %.

Mois	Moyen. Mens. mm	Coeff. pluvio. mensu.	Moyen saison- nière mm	Coeff. pluvio. saison- nier	Nombre de jours ou P>		Années	Moyen. Annuel. mm
					1 mm	10 mm		
Décembre	27,9	1,5	Hiv.		4,6	0,5	1951	264,9
Janvier	35	1,9	85,2	1,5	4,7	0,9	1952	255,8
Février	32,1	1,8			4,3	0,8	1953	231,1
Mars	32,8	1,8	Princ.		6	0,7	1954	266,5
Avril	34,8	2	66,3	1,1	6,3	1,1	1955	153,3
Mai	13,8	0,7			2,9	0,3	1956	189,8
Juin	2	0,11	Eté		1,3	0	1957	371,3
Juillet	0,6	0,03	5,9	0,1	0,5	0	1958	168
Août	2	0,11			0,1	0,1	1959	188,2
Septembre	1,1	0,06			0,3	0,1	1960	146
Octobre	7,7	0,43	65,7	1,1	2,1	0,1	1961	140
Novembre	22,3	1,2					1963	194,4
Moyenne annuelle	212,1				37,7	5,7		

Tableau IV : LA PLUIE A TEHERAN - MEHRABAD (1951/60)

Les mois chauds (Juin, Août, Septembre) sont très secs : 5,7 mm au total (2,7 % du total annuel) ; les mois les plus secs sont ceux de Juillet et de Septembre. Août reçoit autant que Juin (2 mm).

Dans le Sud, les pluies peuvent être nulles pendant 4 mois (à partir de Juin).

A Latyan, le maximum du printemps (63,8 en Mars) est plus élevé que celui de l'hiver (47 mm en Janvier). Donc les pluies correspondent avec les mois froids. L'été, surchauffé est très sec.

Les courbes des moyennes mensuelles (fig. 56), des hauteurs de pluies cumulées (fig. 57) et des hauteurs de pluies classées (fig. 58) sont très expressives.

Dans l'ensemble du piémont de l'Elbourz, les maxima se retrouvent en Mars ou Avril, les minima en Juillet ou Août avec toutefois une sécheresse marquée en Septembre.

2.2.3 - Coefficient pluviométrique mensuel.

A Téhéran-Mehrabad, la pluie fictive quotidienne est de 0,58 mm. La pluie fictive mensuelle est de 17,4 mm pour les mois de 30 jours et de 18 mm pour ceux de 31 jours.

Le coefficient pluviométrique mensuel est le rapport entre la pluie fictive mensuelle et la moyenne mensuelle. Il indique l'écart à une distribution uniforme. S'il est plus petit que 1, le mois auquel il se rapporte est considéré comme un mois sec. Les mois qui ont un coefficient supérieur à 1, sont des mois "humides". Les mois sont d'autant plus secs ou plus humides que le coefficient s'écarte de l'unité.

Le tableau (IV) donne les valeurs de ce coefficient pour Mehrabad. Il reflète la répartition des pluies dans l'année.

La fig. (60) est à paralléliser avec les figures précédentes (56, 57, 58).

2.2.4 - Nombre moyen de jours de pluies.

- Par an : calculée sur 10 ans seulement (1951/60), la moyenne annuelle du nombre de jours est de 48,6 jours.

En 1955 et 1966, il n'a plu que 32 jours. Le maximum est de 75 jours en 1957.

Mais le nombre de jours de pluie n'a qu'une valeur superficielle, car les valeurs mesurées varient de 0,1 mm à plusieurs cm.

- Nombre de jours où les précipitations sont supérieures à 1 mm : 37,7 à Mehrabad (1951/60).
- Nombre de jours où P supérieur à 10 mm : 5,7 (même station, même nombre d'années).
- Entre 1951 et 1960, il n'a jamais plu plus de 5 jours consécutifs.
- Par contre, le nombre de jours consécutifs sans pluie est très grand ; entre le 27 Mars et le 10 Décembre 1956, il n'a plu que le 21 Juillet (3,2 mm) ce qui fait 255 jours pratiquement sans pluie.
- La plus grande hauteur de pluie mesurée en 24 h est de 49,7 mm le 3 Novembre 1951 (entre 1951/60).

2.2.5 - Variabilité inter-annuelle.

La grande variabilité observée dans les moyennes mensuelles et quotidiennes est aussi décelable d'une année à l'autre.

La fig. 59 montre les moyennes annuelles de pluies à Mehrabad entre 1951 et 1963. L'année la plus sèche a été 1961 avec 140 mm. L'année la plus arrosée est 1957 avec 371,3 mm.

Les indices de pluviosité (de 1951 à 1963) expriment les écarts des totaux annuels par rapport au module (tableau V).

Ann.	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
P	264,9	255,8	231,1	266,5	155,3	189,8	371,3	168	188,2	146	140	304	194,4
IP	1,25	1,2	1,09	1,26	0,72	0,85	1,74	0,8	0,88	0,68	0,66	1,4	0,91

Tableau V : INDICES DE PLUVIOSITE A TEHERAN MEHRABAD

2.2.6 - Variation de la pluviométrie avec l'altitude.

D'une façon générale, la pluviométrie croît avec l'altitude ; en haute montagne, il est possible qu'il existe une surface d'inversion au delà de laquelle les moyennes diminuent. Les auteurs ne sont pas d'accord sur cette limite. Il n'existe pas de stations de moyenne et haute altitude, tous les nombres avancés jusqu'ici ne sont que le fruit de suppositions ou de formules très empiriques.

Nous avons tenté d'établir une relation entre la pluviométrie et l'altitude ; la formule de MEAD ($P = PO + K \frac{A}{100}$ où A est la différence en mètres entre le point le plus haut et la station la plus basse, P la pluie en mm du point élevé, PO celle du point bas, et K un coefficient que l'on calcule en connaissant les moyennes de deux stations) qui est une expression linéaire, n'a pas donné de bons résultats. Les points calculés avec les stations disponibles, ne s'alignent pas ; la station la plus haute étant celle de Pulur qui est sur le versant Caspien.

A titre indicatif, nous donnons des hauteurs de pluie pour certaines altitudes.

- . 650 mm à 3000 m,
- . 780 mm à 3500 m,
- . 900 m à 4000 m.

2.2.7 - Précipitations solides.

Nous n'avons aucune donnée sur les hauteurs de neige précipitées. La limite des neiges persistantes se trouve vers 4000 m ; le versant du Tauchal qui nous occupe est exposé au Sud et ne dépasse pas cette altitude ; il n'y a donc pas de neige sur les flancs du Tauchal pendant la saison chaude.

Il neige presque tous les hivers à Téhéran ; les chûtes peuvent être abondantes surtout au Nord de la ville. La neige persiste tout l'hiver au-dessus d'une altitude que nous avons estimée à 2500 m.

A Téhéran-Mehrabad (1191 m) il a neigé 3 jours en 1958, 8 en 1959, 1 en 1960, 7 en 1961 et 2 jours en 1962.

Ces chiffres traduisent mal l'ampleur des chûtes de neige sur les hauteurs. Les précipitations, nous l'avons vu, se font pendant la saison froide. En altitude, elles se traduisent par d'abondantes chûtes de neige ; la neige peut d'ailleurs fondre à plusieurs reprises au cours d'un hiver.

2.3 - LES TEMPERATURES.

2.3.1 - Température moyenne normale de l'année.

Elle est de 16° 4 à Mehrabad (1951/60) ; 16° 9 Place Ferdowsi ; 11° 9 à Latyan (1951/63) ; 16° 5 à Kahrizak (1958/63).

2.3.2 - Maxima-minima.

Moyenne des températures minimales moyennes mensuelles (1951/60) : 10° 5.

Moyenne des températures maximales moyennes mensuelles : 22° 4.

Moyenne des températures minimales absolues : 4° 3.

Moyenne des températures maximales absolues : 28° 3.

fig. 60

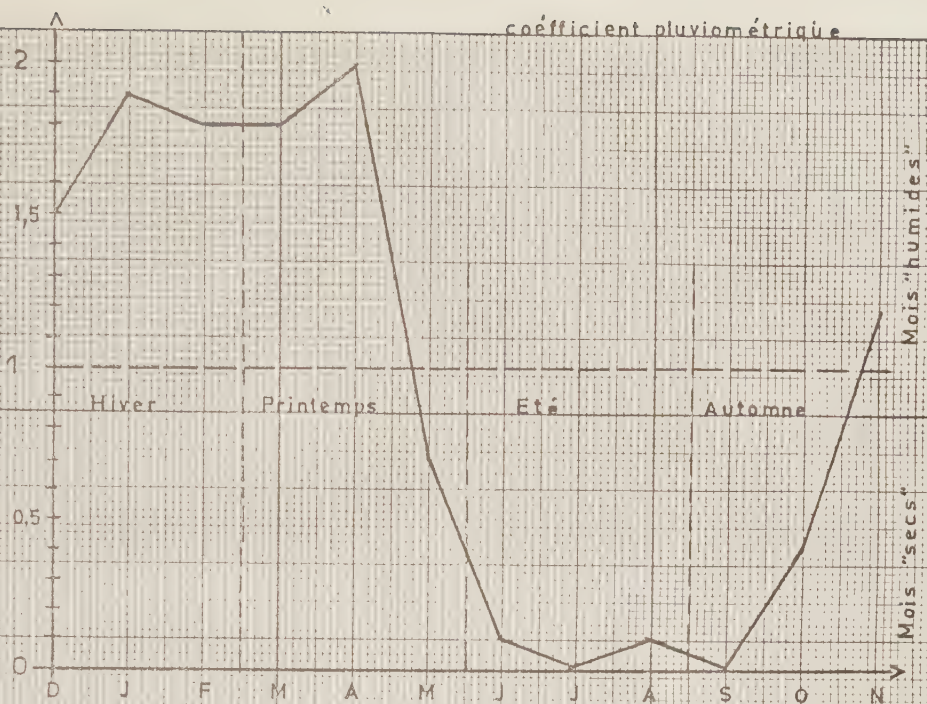
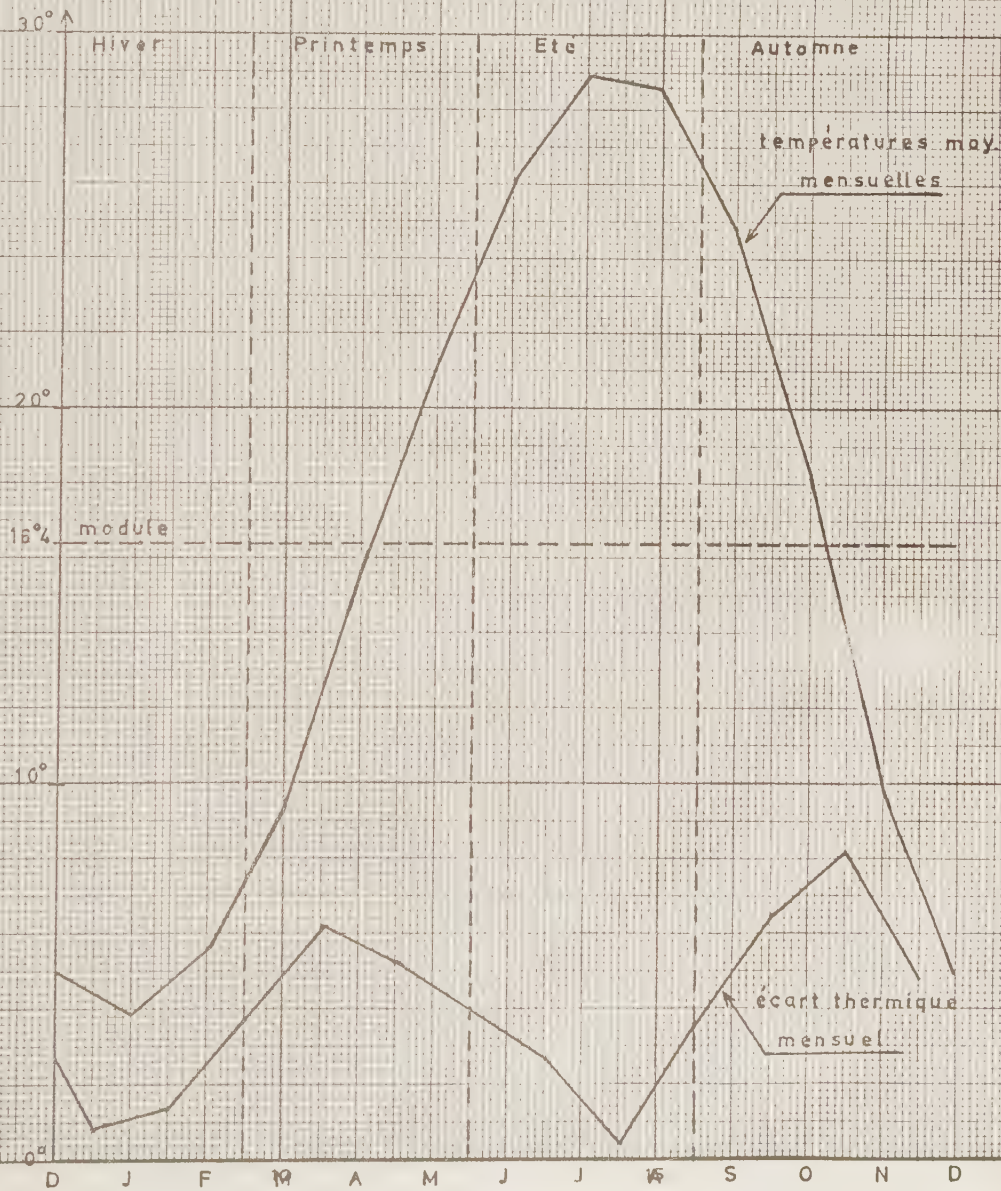


fig. 61



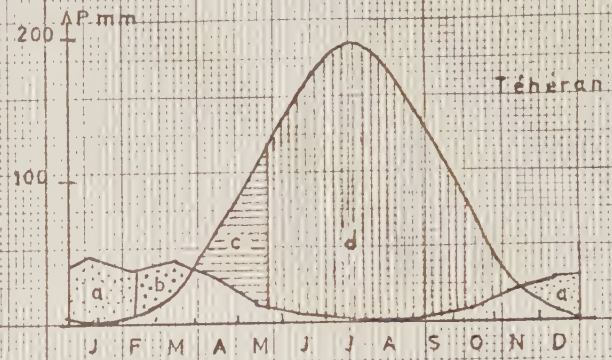


fig62. Le bilan de l'eau selon Thornthwaite (d'après Ch. Péguy)

- a. reconstitution du stock.
- b. excédent d'eau.
- c. épuisement du stock.
- d. déficience d'évaporation.

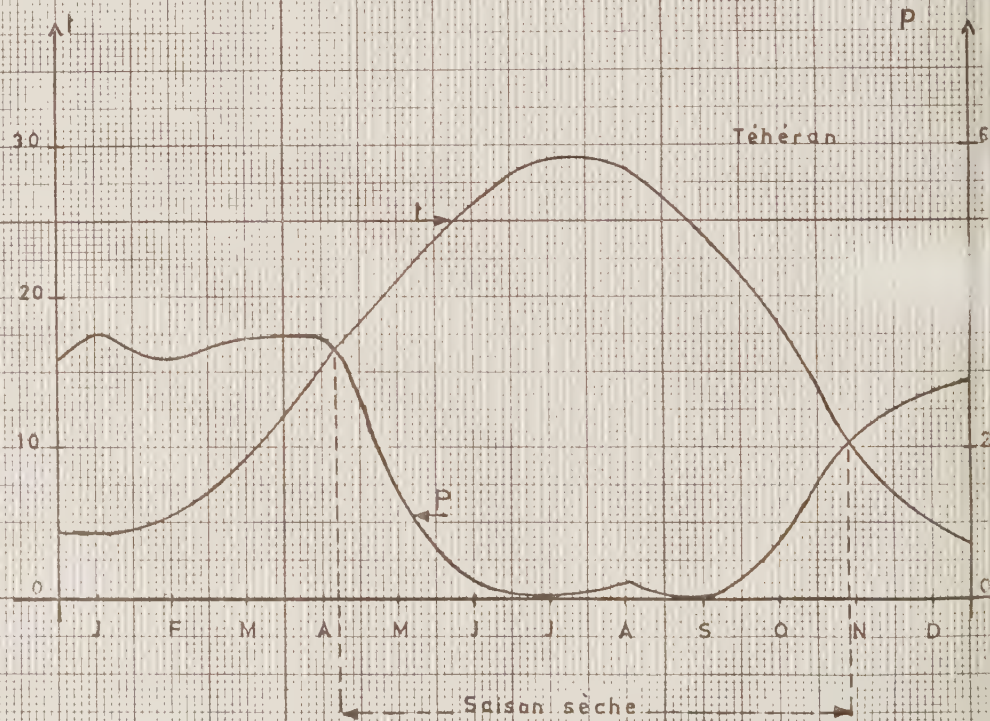


fig63 Graphique de Gaussen

2.3.3 - Amplitudes.

- Amplitudes absolue annuelle : 24°.
- Amplitude extrême : 55° 9 (42° 5 en Juillet 1958, -13° 4 en Février 1959).
- Amplitude de la variation annuelle : 24° 9.

Le mois le plus chaud de l'année est Juillet (28° 9 de moyenne). Le mois le plus froid de l'année est Janvier (4°).

2.3.4 - Régime thermique annuel.

La courbe des températures moyennes mensuelles (fig. 61) est en forme de cloche à peu près symétrique : le sommet de la courbe est représenté par les mois de Juillet et d'Août ; la différence des températures moyennes entre ces deux mois est très faible (0,5 °). Les plus grands écarts thermiques d'un mois à l'autre s'observent entre Octobre et Novembre (8° 2) et Septembre et Octobre (6° 6). Donc la température chute rapidement en automne, ce qui donne une légère dissymétrie à la courbe.

Malgré cette chute rapide de la température, l'automne est une saison plus chaude que le printemps (17° 5 en automne contre 15° 5 au printemps). Les différences de températures entre l'hiver (4° 9) et l'été (27° 7) sont très marquées. La fraîcheur relative du mois de Mars allonge la durée hivernale et raccourcit d'autant le printemps ; le printemps commence en Avril ; ce passage entre deux saisons est souligné par le brusque écart de température entre Mars et Avril (6° 3). Les chaleurs arrivent vite (écarts thermiques mensuels prononcés jusqu'en Juin). Donc, le printemps est une saison courte (Avril, Mai). Cet accroissement rapide de la température accélère la fonte des neiges ; les oueds ont leurs plus grandes crues à la mi-Mars.

Les températures mensuelles indiquent que les mois les plus chauds sont Juin (26°), Juillet (28° 9), et Août (28° 4). Mais, l'été, s'il est caractérisé par la température et la sécheresse, peut être prolongé jusqu'en Septembre (24° 7).

Pour les Iraniens, les jours chauds peuvent se diviser en deux périodes de 40 jours chacune : le "Tchéhel Bozorg" ou les "40 grands" jours de chaleur avant le 15 Août environ ; le "Tchéhel Koutchik" ou les "40 petits" jours de moindre chaleur après le 15 Août.

L'automne est une très belle saison à Téhéran ; malgré la chute rapide de la température, elle reste une saison très douce.

On relève à Téhéran-Mehrabad 52 jours de forte chaleur (maximum sous abri égal ou supérieur à 35°) ; 112 jours de chaleur (T égal ou supérieur à 30°) ; entre 1951 et 1960 aucune température n'a dépassé 45° .

Pendant la même période, le nombre moyen de jours de gelée a été de 57 jours (minimum sous abri égal ou inférieur à 0°). Il gèle en Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars ; quelques gelées tardives **sont à craindre** en Avril.

Les fortes gelées (minimum sous abri égal ou inférieur à -5°) sont courantes en Décembre, Janvier et Février. Mais elles sévissent certaines années en Mars et en Novembre.

Les jours de grand froid (minimum égal ou inférieur à -10°) ne sont pas rares en Janvier et Février, surtout si le vent se lève après une chute de neige.

Dans le tableau ci-après (tableau VI), nous récapitulons les données sur la température à Téhéran.

2.4 - LA PRESSION ATMOSPHERIQUE.

Les données enregistrées au niveau de la station de Mehrabad vont de 1943 jusqu'à maintenant. Dans leur dépouillement, il est apparu que les valeurs des années 49 à 52 incluses sont erronées par excès. La moyenne approximative de la pression à Téhéran est de 880 millibars.

La pression en hiver est d'environ 884 mb. Elle diminue progressivement avec la saison chaude pour atteindre un minimum en Juillet (875 mb environ). En Juillet 1962, la baisse de pression a atteint 860 mb.

La pression atmosphérique est un agent climatique important à l'échelon du macro-climat, car sa distribution commande la répartition des vents. Mais elle influe sur la vitesse d'évaporation de l'eau, qui lui est inversement proportionnelle. Les faibles pressions favorisent les dégagements gazeux, et par suite, les échanges entre l'atmosphère et le sol.

Enfin, les variations de la pression atmosphérique peuvent influencer les niveaux piézométriques des eaux souterraines.

MOIS	moyen- nes mensu- elles	Moyen- nes mensuel. des T jour. nalières		Moyennes mens. des T absolues		Nombre de jours ou la température est			Moyen- nes saison- nières	Ecart thermi- ques mens.
		Max.	Min.	Max.	Min.	0°	30°	35°		
Décembre	5	9,8	0,2	15,8	4,9	15,2	0	0	Hiv.	-1
Janvier	4	8,9	0,9	14,3	6,4	20,7	0	0	4,9	+1,5
Février	5,7	11,1	0,4	17,8	6,4	12,5	0	0	-	3,8
Mars	9,5	15,1	4	22,9	3,4	5,3	0	0	Prin.	6,3
Avril	15,8	21,8	9,9	28,6	2,3	0,3	1	0	15,5	5,4
Mai	21,2	27,8	14,6	34	6,5	0	9,5	0,6	-	4,8
Juin	26	32,8	19,2	38,1	12,4	0	26	9,1	Eté	2,9
Juillet	28,9	35,8	22	39,9	17,1	0	30,8	21,4	27,7	0,5
Août	28,4	35,1	21,7	39,2	16,5	0	30,8	16,9	-	-3,7
Septembre	24,7	31,4	18,1	36,4	13	0	22,6	3,6	Auto.	-6,6
Octobre	18,1	24,3	11,9	30,4	6,4	0	1,6	0	17,5	-8,2
Novembre	9,9	15	4,8	22,4	-1,2	3,2	0	0		-4,9
Moyenne annuelle	16,4	22,4	10,5	28,3	4,3	57,2	1123	51,6		

Tableau VI : LES TEMPERATURES A TEHERAN
(1191 mm - 1951/60)

2.5 - LES VENTS.

Dans la région de Téhéran, les vents soufflent de toutes les directions. Mais ce sont les vents d'Ouest qui dominent en nombre et en intensité. Ils soufflent principalement pendant la saison froide ; ils portent des noms variables avec les localités traversées : Mendjil, Ghazvin, Chariar ...

Par contre, les vents d'Est sont les plus faibles et les moins nombreux. Mais les vents du Sud-Est ne sont pas négligeables (10 à 13 % des vents annuels). Ce sont des vents d'été chauds, déshydratants, qui soulèvent des nuages de poussière : vent de Varamine. Les vents du Sud sont en minorité. Dans l'ensemble, on retiendra que ce sont les vents d'Ouest et du Nord qui dominent. Il est rare que ces vents dépassent la vitesse de 25 noeuds ; par contre, il existe des rafales d'Ouest qui peuvent atteindre 45 noeuds (83 km/h).

2.6 - HUMIDITE RELATIVE.

Calculée sur une période de 8 à 10 ans (1955/64), la moyenne annuelle de l'humidité relative moyenne est de 51 % à 3 h à Mehrabad. A 9 h cette moyenne tombe à 30 %. Si l'humidité reste élevée en hiver à 3 h du matin (maximum de Janvier : 77,3 %) elle devient rapidement faible dès 9 h. Car le maximum de l'année à cette heure est de 53,5 %. En été, cette moyenne tombe à 32 % à 3 h (Juillet et Août) et à 18 % à 9 h à la même période.

En Juillet 1963, l'humidité relative était de 13 % à 9 h. Ces pourcentages traduisent bien la grande sécheresse de l'air à Téhéran. Elle contribue à maintenir un climat sain qui ne débilite pas l'organisme humain comme sous les climats chauds et humides. (Inde, Pakistan, Golfe Persique).

Ces faibles pourcentages expliquent aussi l'absence quasi totale de nuages, de brume, de brouillards ; en dehors de la ville et de son champignon poussiéreux, le ciel est pur et lumineux. La sécheresse et la pureté de l'air favorisent une insolation forte et ne filtrent que faiblement les radiations solaires. Ceci explique aussi les grandes amplitudes thermiques : les journées sont très chaudes en été, mais les nuits fraîches. Les appartements restent surchauffés la nuit, mais par rayonnement l'air extérieur se refroidit intensément.

En été, le versant Sud du Tauchal peut être légèrement masqué par la brume. Dès 10 h du matin, la visibilité diminue ; de limpi-
de, l'air devient translucide et en fin de journée, des nuages orageux

accablent les habitants surtout sur les hauteurs. Le champignon poussiéreux, en limitant le rayonnement, transforme la ville en zone surchauffée. Dans le Sud de la plaine, les soirées sont plus agréables qu'à Téhéran.

2.7 - L'EVAPORATION.

Si la différence entre la saturation de l'air et l'humidité relative indique le déficit de saturation de l'atmosphère, l'air à Téhéran est toujours déficitaire, même à l'heure des maxima.

La faiblesse de l'humidité relative, donc les forts déficits de saturation, se traduit par une évaporation intense. La forte insolation, les vents, les hautes températures, les forts déficits de saturation laissent prévoir des valeurs élevées pour l'évaporation.

L'évaporation mesurée à Mehrabad donne des valeurs qui ne nous paraissent pas satisfaisantes. La durée des observations est faible : 5 ans (1958/62). La moyenne calculée d'après ces observations semble élevée : 2861 mm.

BOGOMOLOV (90) cite :

- . 1350 mm à 2539 mm en Ouzbékistan,
- . 1300 mm dans le Kazakhstan central,
- . 2230 mm dans l'oasis de Mourgab (Turkménie).

L'évapotranspiration réelle, c'est-à-dire la lame d'eau effectivement évaporée et transpirée est égale pour chaque mois de l'année à la moyenne mensuelle précipitée.

Une méthode classique d'évaluer le pouvoir évaporant de l'air est celle de Thornthwaite (fig. 62). La valeur moyenne de l'évapotranspiration potentielle (ETP) est de 906 mm/an. Faible pendant la durée hivernale où elle est inférieure aux précipitations pendant 4 mois, (Décembre à Mars), elle est très forte en été avec des maxima de Juillet et Août (152 et 146 mm).

Mais si l'on s'en tient aux valeurs employées par Thornthwaite, les 4 mois d'hiver à pluviosité excédentaire sur ETP sont insuffisants pour constituer les 100 mm de réserves d'eau utiles à la végétation. Il n'y a donc pas d'écoulement souterrain à partir des pluies tombées dans la plaine et le piémont. On estime que l'eau précipitée est reprise en totalité par l'évaporation. Les pertes commencent d'ailleurs au cours de la pluie, et le phénomène d'évaporation est de courte durée ;

les roches et le sol sont secs quelques heures après la pluie. Le déficit exprimé par la différence P-ETP atteint près de 700 mm. PABOT (144) signale que des expériences faites à Damas sur des bacs d'évaporation permettent une meilleure confiance en la formule de Penman ; pour le Moyen-Orient, la formule de Thornthwaite donne des valeurs trop faibles surtout pour les mois d'hiver. L'écart entre ces deux formules peut être supérieur à 30 %. De même, des mesures effectuées en Tunisie (141) estiment que l'erreur entre la formule de Thornthwaite avec la réalité peut être de 50 %.

Par suite, si l'on majore de 30 ou 50 % les résultats ci-dessus, nous obtenons pour ETP des valeurs variant de 1180 à 1360 mm. Dans son étude agroclimatologique (144) PABOT donne pour Téhéran 1353 mm. Dans ce cas le déficit atteint 1140 mm et seuls les mois de Décembre et de Janvier sont excédentaires.

Dans le tableau VII, nous récapitulons des valeurs qui traduisent la sécheresse à Téhéran :

Mois	Humidi. relati. (2)	Evapora. mesurée (3)	ETP (1) mm	Pluie mm	P-ETP mm
Décembre	45	9,9	24,-	27,9	+3,9
Janvier	53,6	0 (gel)	20,-	35	+15
Février	39	11,7	37	32,1	-4,9
Mars	35,5	99,7	74	32,8	-41,2
Avril	32	187,1	111	34,8	-76,2
Mai	23	394,8	161	13,8	-147,2
Juin	17,6	494	213	2	-211
Juillet	18	501,5	230	0,6	-229,4
Août	18	480,6	210	2	-208,-
Septembre	18,5	359	135,-	1,1	-133,9
Octobre	24,5	234,6	96	7,7	-88,3
Novembre	36,3	58,9	48,-	22,3	-25,7
Moyenne annuelle	30 %	2861,8	1353	212,3	-1146,9

Tableau VII : LA SECHERESSE A TEHERAN

(1) D'après PABOT (181).

(2) Mesurée à Téhéran Mehrabad en 1955 à 1964 ; à 9 h en %.

(3) " " " " " 1958 à 1962.

(4) " " " " " 1951 à 1960.

3. - DEFINITION DU CLIMAT DE TEHERAN - L'ARIDITE.

Il nous est maintenant possible de définir le type de climat qui régne à Téhéran : climat semi-continental à hiver froid, à précipitations hivernales et sécheresse marquée en saison chaude, à bilan hydrique fortement déficitaire.

Dans le détail, il est possible de rencontrer des variantes ; la division phytogéographique de la "zone Irano-Touranienne" par PABOT (144) basée sur la pluie et les températures pourrait servir d'exemple :

- Zone sub-désertique : P inférieur à 100 mm. Bordure des Kévirs.
- Zone steppique : P compris entre 100 et 250 mm. La plaine limoneuse correspond à cette zone.
- Zone sub-steppique : bande étroite le long des montagnes, correspondant à la partie amont du piémont. P entre 250 et 400 mm.
- Zone forestière xérophile : P entre 400 et 450 mm. Complètement déboisée.
- Zone alpine sèche : entre 2600 et 4000 m. Neige plusieurs mois.

Réajustée à la région, cette classification peut apporter des nuances climatiques, correspondant à des réalités d'ordre hydrologique, géomorphologique et certainement écologique.

- Une division plus générale, devenue classique est celle des agroclimatologues : détermination de la limite des cultures sèches par l'isoyète 250 mm ; cette ligne permet la distinction d'une zone Aride et d'une zone semi aride.

La limite de la culture sèche passe par Téhéran qui se trouve de ce fait à cheval sur ces deux zones. La zonalité verticale dégagée dans la classification phytogéographique ci-dessus, semble prouver que la coupure par la courbe 250 n'est pas hypothétique.

- Divers auteurs ont établi des formules qui permettent des classifications ; des indices d'aridité ou de continentalité favorisent des comparaisons avec d'autres stations.

Nous retiendrons l'indice de sécheresse d'EMBERGER :

$$Q = \frac{P}{M2 - m2} \times 100 = 17$$

P : pluie,

m : moyenne des min. du mois le plus froid,

M : moyenne des "Max." " " " " chaud.

Sur son graphique des affinités climatiques, Téhéran serait dans l'étage Méditerranéen Aride à hiver froid et été avec des pluies faibles à négligeables.

Indice d'E. DE MARTONNE :

$$i = \frac{P}{T + 10} = 8$$

P : pluie moyenne annuelle en mm,

T : température moyenne annuelle.

Cet indice d'aridité classe Téhéran dans le climat Aride.

Indice de GAUSSEN (fig. 63) :

i = nombre de mois où P égal ou inférieur à $2T = 6$.

Climat thermoxérothermique à tendance hémierémique, soit climat méditerranéen accentué à tendance subdésertique à hivers froids.

PEVERIL MEIGS (108) classe Téhéran dans la zone A/Sc 13 : zone Aride à semi-Aride à précipitations d'hiver (c) ; le chiffre 1 représente le mois le plus froid (entre 0 et 10°) et 3 le mois le plus chaud (de 20 à 30°).

Le degré de Continentalité de GORCYNISKI :

$$K = 1,7 \frac{A}{\sin L} - 20,4 = 52,5 \%$$

A : amplitude normale de la variation thermique annuelle,
L : latitude.

Ce degré de continentalité place Téhéran dans un climat continental.

Le rapport $\frac{ETR}{ETP}$ qui atteint l'unité dans les zones très humides, est ici égal à 0,15 ; la sécheresse est fortement marquée.

CONCLUSION SUR LE CLIMAT DE TEHERAN.

Téhéran est placée sur le mauvais côté d'une barrière montagneuse présentant une profonde asymétrie bioclimatique ; sur le versant intérieur de l'Elbourz, exposée au Sud, affectée par un degré de continentalité élevé, la région se caractérise par une forte sécheresse due plus à une évaporation intense qu'à une réelle insuffisance des pluies.

Une zonalité verticale très marquée implique des **distinctions** dans ce climat général.

Semi-aride à l'amont de Téhéran, le climat devient rapidement aride vers le Sud. La ville de Téhéran sert de bon repère pour délimiter la zone aride et la zone semi-aride.

Il est urgent d'aménager un bassin expérimental en montagne, mais sur le versant intérieur, afin de préciser le rôle important des reliefs sur le bilan hydrique.

* *

*

II. - HYDROLOGIE DE SURFACE.

En zone Aride, l'écoulement, si irrégulier soit-il, est le trait d'union entre les précipitations qui tombent sur les reliefs, et l'emmagasinement des réserves souterraines dans les dépressions alluviales.

Les facteurs du bilan hydrologique seront abordés, mais comme pour la climatologie, nous nous abstiendrons de tout calcul et extrapolation qui ne nous amèneraient qu'à un bilan provisoire dépourvu de réalité.

* *

*

1. - ECOULEMENT DANS LES RELIEFS.

1.1 - LES BASSINS DE RECEPTION.

Seuls, les reliefs de l'Elbourz reçoivent des précipitations suffisantes pour avoir des répercussions hydrologiques. L'altitude, la faiblesse relative de l'évaporation, l'exposition immédiate sous les vents humides résiduels sont à l'origine de cet accroissement pluviométrique.

Dans la région qui nous occupe, six rivières se partagent le versant Sud du Tautchal.

Ce sont d'Ouest en Est les rivières Kan, Hézarak, Farahzad, Evin-Darakeh, Darband, Schahabad.

Dans le tableau VIII, nous donnons la répartition des surfaces de ces bassins versants.

Kan	Hézarak	Farahzad	Evin	Darband	Schahabad	Divers
203 km ²	16,5 km ²	30 km ²	20 km ²	28 km ²	19 km ²	40 km ²

Tableau VIII : SURFACES DES BASSINS VERSANTS DU VERSANT

SUD DU MONT TAUCHAL

Nous pouvons voir que la surface du bassin du Kan est supérieure à la somme des surfaces des autres bassins ; si l'on estime que la neige persiste en hiver surtout au-dessus de 2500 m, altitude à laquelle nous avons observé des phénomènes proglacières, il est aisé de comprendre que c'est la rivière Kan qui écoule les plus forts débits. La rivière Hézarak a ses sources amont à mi-pente ; l'enneigement de son haut bassin est réduit ; par suite, son alimentation le sera aussi.

Les autres rivières ont la partie amont de leur bassin de réception à de hautes altitudes. L'enneigement affecte ces bassins, mais sur de faibles surfaces.

1.2 - LA RETENTION DE SAISON FROIDE.

Sur les reliefs, les précipitations solides sont à l'origine d'une grande partie des réserves hydrologiques de la région. La faiblesse de l'évaporation due à des températures relativement faibles, notamment pendant la période des précipitations hivernales, permet une bonne conservation du stock d'eau précipité. A l'état liquide, l'eau ruisselle rapidement sur les versants abrupts et peu perméables et se concentre dans des lits encaissés à fortes pentes ; à ce stade, les pertes sont réduites.

Les surfaces qui ont été recouvertes par la neige, conservent dans le manteau d'altération une certaine réserve d'eau qui alimente l'écoulement après la fonte des neiges. Cette imbibition fa-

vorise des phénomènes de solifluxion et de décollement dans la couverture superficielle. Mais le gel persiste à ces altitudes 5 à 6 mois dans l'année (Novembre à Mars-Avril). Pendant cette période, toute infiltration est fortement ralentie.

Ainsi, on peut parler d'une rétention nivale de saison froide. Cette période de rétention doit correspondre avec le maximum pluviométrique hivernal observé à Téhéran (4 à 5 mois).

1.3 - LES CRUES.

La notable élévation de température qui marque le début de la saison chaude, ainsi que les pluies maximales du printemps favorisent une brusque fusion nivale.

Mais, les crues printanières observées sur la rivière Kan en particulier, semblent plutôt dûes à la brusque élévation thermique qu'à l'accentuation des précipitations. Alors que le maximum pluvial se situe en Avril à Téhéran, les plus forts débits ont été observés en Mars et au début d'Avril. Ces observations ne doivent pas être généralisées en raison du manque de mesures.

Somme toute, températures et pluies se conjugent pour former les crues de printemps. En fait, ce sont les seules, régulièrement observables ; ce sont des crues saisonnières régulières. Parler de crues et même de hautes eaux peut paraître incorrect, car, même pour le bassin montagneux, le seul écoulement observable correspond avec cet état.

Les volumes d'eau écoulés pendant les crues restent modestes (tableau IX). Il semble que pour la rivière Kan, un débit de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ doit être chose assez rare ; ce débit doit être atteint seulement au cours d'année pluvieuse ou de fonte brutale de la neige.

Pour les autres rivières, nous pouvons faire les mêmes remarques, mais sur des débits ne dépassant pas $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

1.4 - ETIAGES.

Le reste de l'année, la forte évaporation estivale et la disparition du manteau neigeux ne permettent que de faibles débits, voire des débits nuls. Dès la mi-Mars, alors que les hautes eaux s'observent dans les rivières assez importantes possédant un bassin de réception situé partiellement à haute altitude, la rivière H ézarak est réduite à un mince filet soigneusement capté pour l'irrigation.

DATE	Kan village (1)	Kan (2)	Farah- zad (3)	Darakeh (4)	Darband (5)	Scha- habad (6)	Téhéran Now (7)
11 Juillet 1957 (8)	0						
18 Octobre 1957	-	-	0,24	0,76	-	-	-
7 Novembre 1957	-	-	-	-	-	-	0,28
9 Novembre 1957	4,16	-	-	1,71	1,01	1,12	-
3 Février 1958	0,96	0,6	0,17	-	-	-	-
5 Février 1958	-	-	-	0,09	0,14	0,19	0
9 Février 1958	1,22	0,75	0,16	0	0,15	0,15	-
13 Février 1958	1,5	1	0,2	0	0,12	-	-
16 Février 1958	-	-	-	0	0,19	0,17	0
18 Février 1958	1,53	1,11	0,21	-	-	-	-
24 Février 1958	2,56	1,63	0,31	0,02	0,22	0,29	-
27 Février 1958	2,34	1,43	0,28	0	0,23	0,15	-
3 Mars 1958	4	2,99	0,29	0,28	0,38	0,34	-
6 Mars 1958	4,05	3,17	0,3	0,45	0,42	0,39	-
7 Mars 1958	9,03	4,49	0,44	0,98	0,76	0,66	-
10 Mars 1958	7,15	4,05	0,61	0,67	0,66	0,92	-
13 Mars 1958	6,92	4,62	0,56	0,62	0,78	0,74	-
7 Mars 1964 (9)	4,13	-	0,25	-	-	-	-
11 Mars 1964	-	-	-	0,77	0,45	0,86	-
2 Avril 1964	7,26	-	0,28	0,98	0,86	0,97	-

Tableau IX : QUELQUES DEBITS EN M³/S DES PRINCIPALES RIVIERES
DU VERSANT SUD DU TAUCHAL (NORD DE TEHERAN)

- (1) Au niveau du village de Kan.
- (2) Le Kan à son intersection avec la route de Karadj.
- (3) Farahzad, sous le pont.
- (4) A Evin.
- (5) Près de Tajrich.
- (6) Pont de la route de Lachgarak.
- (7) Rivière au Sud-Est de Téhéran Now.
- (8) D'après le rapport de Sir A. GIBBS (1958).
- (9) Mesures personnelles.

Toutes ces mesures de débits sont estimées d'après la vitesse en surface.

Le 11 Mars 1964, à la sortie des reliefs, le débit de la rivière Hézarak était approximativement de 180 l/s. Le 20 Mars, le lit du ruisseau était complètement sec. Un canal d'irrigation dérivait depuis loin en amont, le restant de l'écoulement, soit 50 à 60 l/s. Sur les autres rivières, les maxima eurent lieu vers le 2 Avril. Cet exemple montre bien l'influence de la couverture nivale. La surface de l'impluvium intervient naturellement.

1.5 - DEFINITION DU TYPE D'ÉCOULEMENT.

En résumé, sur le versant Sud du Mont Tauchal, l'écoulement se fait par des cours d'eau intermittents. Un long étiage caractérisé par des débits très faibles et souvent nuls, succède à des crues hivernales et printanières ; le caractère saisonnier de l'écoulement ne permet pas d'employer avec exactitude le terme d'Oued. Le mot Farsi "Roud", ne contenant pas de nuances entre un fleuve et un oued, est écarté pour son imprécision.

L'écoulement tient à la fois du cours d'eau intermittent, à caractère saisonnier et du torrent montagneux à bassin versant réduit, et à pentes fortes. Ainsi, un régime d'origine climatique se superpose à un régime d'ordre morphologique. Le régime résultant peut être qualifié de pluvio-nival, car les pluies du printemps se superposent avec les eaux de fontes de neige.

1.6 - LE RUISSELLEMENT.

La nature lithologique du bassin versant, à comportement imperméable, le manque de végétation, les pentes abruptes, ne favorisent pas l'infiltration et ne permettent pas l'existence de sources capables d'influencer cet écoulement. Ainsi, à une rétention nivale fait suite un écoulement rapide, éphémère, que ne prolonge pas un manque de sources faute d'infiltration suffisante.

Les rivières ont un profil transversal en V, généralement aigu passant au niveau du chenal d'écoulement à un lit encaissé dans des gorges étroites entrecoupées de cascades et encombrées de blocs volumineux.

1.7 - LE VERROU DE FARAHZAD.

Signalons le cas de la rivière Farahzad, en amont du village portant le même nom. Un verrou constitué par un banc de roches dures (tufs chloriteux compacts, vert pistache) et par l'amoncellement de blocs énormes, a permis l'accumulation d'une masse alluviale qui a

comblé la vallée sur plus de 2 km de long. La dénivellée entre la surface remblayée et l'aval du verrou dépasse 200 m. Ce barrage a le rôle d'écrêteur de crues ; les eaux se perdent dans les alluvions à l'amont du remblayage et ne ressortent qu'au pied du verrou.

Ceci explique que pour une surface de bassin versant équivalente à celle des autres rivières, les maxima des crues soient plus faibles pour cette rivière, que les dates de ces maxima soient décalées de quelques jours et que l'on puisse observer un écoulement quand les autres rivières sont sèches (surtout valable après une pluie).

Ainsi, au cours d'une étude hydrologique comportant un bilan, il ne faudra pas sous-estimer les volumes écoulés par la rivière Farahzad, par rapport aux autres rivières voisines.

2. - ECOULEMENT SUR LE PIEMONT.

2.1 - LES FACTEURS DE L'ECOULEMENT.

Quoique formé par la coalescence des cônes de déjection, troisième partie des torrents montagnards, le piémont s'individualise hydrologiquement des autres unités morphologiques de la région. Morphologie, lithologie, climat, s'associent pour différencier nettement le piémont des reliefs.

2.1.1 - Morphologie.

Une nette rupture de pente indique clairement le passage des reliefs au piémont. A des reliefs concaves succède une morphologie générale de profil convexe. L'étagement des glaciers apporte des particularités dans le mode d'écoulement. Les alignements de collines, normaux à l'écoulement général, contribuent à particulariser cet écoulement.

2.1.2 - Lithologie.

Les cônes de déjection sont formés par l'accumulation de dépôts détritiques grossiers. Malgré la présence possible d'éléments fins, la perméabilité est élevée ; ceci explique en grande partie, le nom de "papier buvard" donné à ces dépôts alluviaux.

2.1.3 - Climat.

Quoique relativement favorisé par rapport aux espaces plus méridionaux, le piémont appartient à un sous étage climatique plus aride que celui des reliefs.

Le bilan hydrique est quasi déficitaire sauf quelques semaines en hiver.

2.2 - LE MODE D'ECOULEMENT DANS LE PIEMONT.

Par suite, il existe un écoulement original, propre au piémont. A l'écoulement concentré dans les reliefs, regroupé dans les chenaux d'écoulement encaissés, succède, à la sortie des reliefs un écoulement divisé en une multitude de filets. Ces filets empruntent des rigoles à peine tracées et divergent vers l'aval, en suivant "grosso-modo" les génératrices des cônes de déjection. Chenaux multiples, se ramifiant, s'anastomosant, pour se rediviser ensuite, disparaissant, renaissant plus bas, écoulement divisé, diffus parfois en nappe ... caractérisent l'hydrologie du piémont. Dans le détail, il existe des variantes. La phase de creusement actuellement en cours, fait que les lits sont encaissés dans d'étroites et profondes gorges taillées par l'érosion linéaire dans les alluvions plus anciennes.

Ceci est vrai pour les rivières les plus importantes. L'écoulement concentré dans les reliefs continue à dévaler rapidement le piémont, maintenu dans les gorges étroites. La division de l'écoulement n'a lieu qu'à la sortie des collines ; à l'aval du piémont, il se forme alors par abandon des sédiments, une ceinture externe de cônes de déjection caractérisée par l'écoulement divisé décrit ci-dessus.

Seules, les rivières mineures ont leur cône de déjection, réduit il faut dire au contact des reliefs montagneux.

2.3 - PARTICULARITES DE L'ECOULEMENT PROPRE AU PIEMONT DE TEHERAN.

Ces remarques à caractère géomorphologique ont une grande importance hydrologique :

- L'érosion linéaire actuelle décèle un transport solide très faible. Les grands cônes de déjection (2^e Glacis) sont fossiles et datent d'une période pluviale à climat plus frais favorable à la gélifraction. L'absence de débris dans les reliefs (sauf à grandes altitudes) confirme ces dires.
- L'existence de reliefs notables dans le piémont est à l'origine de l'accumulation de dépôts détritiques (à l'amont des collines) qui sont autant de zones d'épandages et de zones d'infiltration. Il se crée des couloirs alluviaux entre les collines, concentrant la quasi totalité des sous-écoulements. Les alignements anticlinaux retardent l'écoulement vers l'aval, donc favorisent quelque peu l'infiltration dans le piémont.
- L'érosion linéaire entaille ces reliefs et donne des gorges étroites et encaissées qui en maintenant l'écoulement sous forme concentrée, favorisent la longévité des crues et permettent à l'oued de se propager plus vers l'aval. Donc, l'infiltration se trouve retardée et s'effectue à l'aval du piémont. Au cours du pluvial précédant, l'infiltration avait lieu dès la sortie des reliefs même pour les grands cours d'eau. Les grands cônes de déjection formaient de remarquables réservoirs d'eau douce. Actuellement, l'amont du piémont est délaissé par la plus grande partie des infiltrations. Ainsi a une diminution des précipitations par rapport au dernier pluvial, s'ajoute un déplacement des zones d'infiltration qui réduit considérablement la possibilité de stockage des eaux souterraines.

2.4 - ROLE DU PIEMONT SUR L'HYDROLOGIE GENERALE.

D'une façon générale, l'écoulement disparaît au niveau des cônes de déjection. Si la rupture de pente reliefs-piémont sert encore de niveau de base pour les écoulements mineurs, c'est à l'aval du piémont que se situe celui des grands oueds.

La rivière Kan, la seule qui puisse franchir le seuil du piémont voit disparaître sur 7 km (entre la sortie des reliefs et la route de Karadj) entre le 1/3 et la moitié de son écoulement. En période de crue, sur les 9 m³ à la seconde mesurés à la sortie des reliefs, il ne restait que 4,5 m³ sous le pont de la route de Karadj.

En conclusion, le piémont est fatal pour le ruissellement issu des reliefs. Mais en zone semi-aride, cet état de fait est exceptionnellement favorable à la conservation de ce stock d'eau sous forme de réserves souterraines.

3. - ECOULEMENT DANS LA PLAINE LIMONEUSE.

3.1 - LE MODE D'ECOULEMENT DANS LA PLAINE.

Au point de vue hydrologie de surface, la plaine de Téhéran n'offre pas d'intérêt. L'écoulement qui s'est usé jusqu'à complète disparition sur le piémont, n'offre plus qu'un réseau très mal défini, dégradé, souvent confondu avec les rigoles destinées à l'irrigation.

Seule, la rivière Kan possède un lit bien marqué, ce qui ne veut pas dire que l'écoulement le parcourt régulièrement. Il est très rare de voir couler de l'eau au niveau de la route de Qoum. Par drainage, le lit encaissé entre les reliefs du Sud, est parcouru par de maigres filets d'eau.

Mais, en zone semi-aride, l'absence de cours d'eau fonctionnels ne veut pas dire absence d'écoulement. En effet, la grande majorité du ruissellement s'effectue sous forme diffuse sur toute la surface des interfluves qui sont aplanis et qui occupent une grande étendue. Mais une telle disposition favorise l'évaporation. Par suite, dans les zones dépourvues d'écoulement concentré, comme la plaine limoneuse par exemple, on estime que toute l'eau précipitée et qui ruisselle sous forme de nombreux filets ou parfois sous forme d'une lame peu épaisse, mais largement répartie, est totalement reprise par l'évaporation.

Reparlons du Kévir de Tchamborax, il occupe un bas fond topographique et comme tel, reçoit les eaux de ruissellement, mais la pluviosité alliée à un impluvium très réduit n'explique que très peu l'existence de ce kévir. Après plusieurs mois de sécheresse, la surface argileuse est imbibée d'eau ; manifestement ce sont surtout les eaux souterraines qui sont à l'origine de ce kévir. Donc plus qu'une sebkra, ce Kévir est un chott et se comporte comme tel.

3.2 - NOTION DE NIVEAU DE BASE EN ZONE ARIDE.

On a vu que le seul écoulement caractérisé, quoique temporaire, est celui des reliefs ; cet écoulement se prolonge dans le piémont en raison de l'enfoncement des cours d'eau.

Mais de l'amont vers l'aval, l'écoulement est dégressif ; en raison des bassins versants réduits en surface, de l'absence de

sources, de l'infiltration, de la division et de l'évaporation, les vitesses, les débits et les puissances décroissent vers l'aval. Les crues n'aboutissent jamais au même point. Par suite, on peut parler d'une instabilité des niveaux de base.

Le niveau de base des cours montagnards est généralement situé au contact reliefs-piémont. La rupture de pente du "Knick" est fatale pour les écoulements mineurs.

Pour les oueds encaissés dans le piémont, le niveau de base correspond avec la zone d'épandage des cônes de déjection.

La limite piémont-plaine constitue une autre rupture de pente accentuée qui est à l'origine de la disparition quasi totale de l'écoulement.

Les ressauts d'origine morphoclimatique qui accidentent la plaine (Rey, Kahrizak) constituent autant de nouveaux niveaux de base. La rivière Kan encaissée à l'amont de la falaise de Kahrizak, forme un cône de déjection au pied de cette falaise.

L'arrivée dans les zones d'épandages du Sud-Est, puis la confluence avec la rivière Djadgeroud sont d'autres niveaux de base que l'on peut qualifier de fixes quoique rarement atteints par les crues. A côté de ces niveaux de base fixes, existent une infinité d'autres points non caractérisés, correspondant à l'extension la plus en aval d'une crue.

Il existe aussi une autre catégorie de niveaux de base "artificiels" ceux que l'Homme a créé ; routes, tranchées, digues de protection, constructions de toute nature, remblayage de lits d'oueds, champs d'épandages, aires d'irrigation, etc ...

3.3 - UN TYPE PARTICULIER D'ÉCOULEMENT SUB-SUPERFICIEL : LES GHANATS.

Les ghanats ne seront étudiés que plus loin, dans la partie hydrogéologique. Mais disons maintenant que ces galeries souterraines dans certaines conditions, captent les sous écoulements des lits des rivières qui sont sèches en surface.

La quasi totalité des ghanats du piémont draine le sous écoulement des dépôts alluviaux actuels ("D"). L'écoulement de ces ghanats, à caractère saisonnier, doit être rattaché à l'hydrologie de surface. En effet, en zone semi-aride, l'écoulement est très souvent plus sous forme de sous-écoulement que sous forme de ruissellement superficiel.

CONCLUSION SUR L'HYDROLOGIE.

L'écoulement de la région peut être qualifié de Méditerranéenne frange sub-aride, à alimentation exclusivement montagnarde pluvio-nivale, à grave déficit de saison chaude.

La morphologie spéciale du piémont prolonge un peu la vie de cet écoulement qui se dégrade rapidement à l'approche des surfaces planes, par étalement, évaporation et infiltration.

Les pertes par infiltration au niveau des cônes de déjection, sont à l'origine de l'alimentation des eaux souterraines. L'absence d'écoulement notable dans la plaine, ne permet pas une diffusion lointaine des eaux douces.

Par contre, l'écoulement se faisant d'une manière diffuse, il est dans un sens, préférable que l'alimentation soit médiocre, afin d'éviter la saturation des limons à l'aval, et par suite une forte salinisation.

Les efforts de l'Hydrologie doivent se porter sur les mesures des volumes écoulés à la sortie des reliefs. Ces données constituent les valeurs les plus sûres et les plus facilement mesurables pour l'établissement d'un bilan.

* *

*

III. - HYDROGEOLOGIE (EAUX SOUTERRAINES)

INTRODUCTION.

La connaissance des problèmes hydrogéologiques de la région de Téhéran est à l'origine de toute cette étude.

L'hydrogéologie de terrain est une affaire d'équipe et non pas celle d'un seul chercheur.

Pour mener à bien une telle étude, le Ministère de l'Eau Iranien, l'Institut d'Hydrogéologie de Téhéran et la Coopération Technique Française ont conclu qu'il faudrait deux ans, un budget confortable et des moyens humains et matériels peu ordinaires... Ce projet a d'ailleurs débuté en Septembre 1966.

En 1958, une étude portant sur l'évaluation des ressources en eaux souterraines (102), riche en idées et en observations, pêche par un manque de mesures. Dans une étude portant sur un temps relativement court et dans un pays où les observations à caractère statistique sont quasi absentes, il est difficile de chiffrer les résultats.

Fort des données de la Géologie et de la Géomorphologie, nous essayerons de définir dans un premier chapitre quels sont les aquifères possibles, les conditions aux limites, les conditions de milieu et les problèmes locaux d'ordre géologique entraînant des perturbations dans la répartition et l'écoulement des eaux souterraines.

Dans un second chapitre, nous étudierons la surface des eaux souterraines.

Des considérations sur les caractéristiques hydrodynamiques du complexe aquifère-eau feront l'objet du chapitre trois. Un important chapitre sera consacré aux caractères physico-chimiques des eaux souterraines.

Dans le cinquième chapitre, nous décrirons les moyens d'exploitation des eaux souterraines. Nous insisterons surtout sur les ghanats.

1. - ETUDE DES AQUIFERES DE LA REGION DE TEHERAN.

1.1 - LES DONNEES DE LA GEOLOGIE.

1.1.1 - Les bordures montagneuses.

Le substratum affleurant, c'est-à-dire celui que l'on trouve dans les reliefs, est quasi stérile.

- Dans l'Elbourz, les tufs, les roches éruptives et les schistes calcaires noirs ont apparamment une très faible perméabilité.

Les pendages généraux sont contraires à la pente topographique ; si des écoulements souterrains existent le long des joints de stratification, ils doivent sortir du bassin de Téhéran pour émerger dans la haute vallée du Djadjeroud.

Les écoulements hypodermiques sont localisés dans le manteau d'altération, réduit en épaisseur et en surface.

Nous considérons donc que le massif du Tauchal n'intervient que par le ruissellement des eaux précipitées ; son rôle direct dans la répartition des eaux souterraines est très réduit.

Ceci semble confirmé par l'étude du contact faillé entre l'Elbourz et le piémont de Téhéran. Si des points d'eau sont visibles le long de ce grand accident, ce sont plutôt des sourcins localisés par des touffes de végétation. On n'observe pas de gros ni de moyens débits. Ils sont très souvent exploités par une galerie remontante.

- Dans l'Anti-Elbourz, les possibilités de roches aquifères sont plus grandes. Roches à porosité d'interstice (Conglomérats du Crétacé, Conglomérats de l'Eocène) et roches à porosité de fissures (nombreux calcaires et dolomies dans la série stratigraphique) abondent et sont très variées. Superficiellement, le Sepayeh est un massif stérile avec des points d'eau rares à débits très

faibles. Les sources de cette zone sont plutôt de faibles émergences dans les lits des oueds.

La discontinuité des couches en profondeur, due aux roches éruptives et volcaniques, les nombreuses failles, et la faible pluviométrie, ne sont pas favorables à un stockage des eaux souterraines.

- Les collines volcaniques du Sud, malgré les nombreuses cassures, ont un comportement de roches imperméables. Les rares points d'eau (Tchehmeh Nain et la source minéralisée située au Sud-Est du Kouh-é-Arath) sont localisés sur des lignes de failles mettant en contact les roches volcaniques avec les marnes du Miocène. Ces sources sont alimentées par les eaux qui ruissellent en sub-surface, dans les régolithes et les diaclases peu ouvertes.

1.1.2 - La dépression de Téhéran.

La stratigraphie des formations alluviales laisse supposer que les dépôts "A, B, C, D" sont susceptibles de former de bons aquifères.

Les alluvions pliocènes sont grossières, avec une dominante silteuse vers la base, mais avec des horizons fins dans la série cyclique des Hézardareh. La partie fine, si elle est diffuse et bien répartie, peut abaisser fortement la perméabilité. Le plissement de ces formations peut entraîner des directions d'écoulement préférentielles suivant les joints de stratification.

A ce point de vue, la structure des Hézardareh est favorable pour un écoulement en direction de Téhéran. Etant donnée la masse imposante de ces formations alluviales, on peut penser que de grands horizons sont susceptibles de renfermer des eaux souterraines. On verra plus loin les restrictions que l'on peut apporter à cette évidence apparente.

Les alluvions "B" sont très grossières. Mais leur hétérogénéité caractéristique, en rendant possible la coexistence d'éléments de tailles différentes, peut diminuer la perméabilité.

L'encroûtement généralisé de cette formation est aussi un facteur défavorable à la bonne circulation des eaux.

Les dépôts "C" sont moins épais, à hétérogénéité latérale marquée, riches en éléments fins notamment entre les cônes de déjection, et présentent des phénomènes d'encroûtement localisés.

Les alluvions actuelles "D" généralement délavées n'ont jamais une grande extension. Mais on verra le rôle important que peut jouer un faible lit au fond d'un oued.

La plaine limoneuse est formée d'éléments fins sans stratification marquée, présentant d'importants dépôts calcaires encroûtés. Des lits de graviers n'existent que sous forme de lentilles. La grande porosité de ces terrains permet à ces limons d'être de bons aquifères ; mais la faible perméabilité nuit à la restitution de cette eau au cours de l'exploitation.

En somme, la nature lithologique des formations superficielles de la région de Téhéran est favorable à la constitution de réserves d'eaux souterraines.

Mais, la structure complexe du piémont exige une première retouche à ces vues sommaires.

Le socle du piémont est morcellé et les collines sont des anticlinaux axés sur les accidents. Ainsi, les collines d'alluvions anciennes ne doivent pas être considérées comme une masse détritique importante ; au contraire, au droit des axes anticlinaux, le substratum rocheux risque d'être proche. Les charnières érodées par les surfaces d'aplanissement laissent voir les formations silteuses sous-jacentes. Par contre, les zones affaissées peuvent contenir de fortes épaisseurs alluviales. Le fond des grabens est rempli par des matériaux fins appartenant au Miocène. Ces fosses sont certainement limitées latéralement par des plans de failles très redressés (fig. 76). Ainsi la répartition des masses alluviales anciennes est inégale en raison de la tectonique.

La dissymétrie des plis, favorise des écoulements en direction du Sud. Par contre, les flancs Nord très redressés, forment des barrières difficiles à franchir.

1.2 - LES DONNEES DE LA GEOMORPHOLOGIE.

1.2.1 - Géomorphologie et hétérogénéité des aquifères.

- Au cours du Quaternaire, il y a eu une certaine constance dans la répartition des zones d'accumulation et celles d'érosion. Ces faits expliquent une autre forme d'inégale répartition des masses alluvionnaires. C'est au niveau des grands oueds que l'on trouve les plus grandes masses alluviales et les apports les plus détritiques. Dans les zones mortes, loin des influences des grands oueds, les apports sont plus réduits et plus fins, car ils correspondent souvent aux zones d'épandages de débordement.
- L'emboîtement des formations les unes dans les autres peut se faire d'une façon brutale, c'est-à-dire que sur une faible distance, on passe d'une masse alluviale à caractéristiques bien définies à une autre formation différente. Le contact entre ces terrains est souvent un abrupt, car en zone aride, les berges sont nettes, en forme de marche d'escalier.
- Au cours du Quaternaire, les phases de creusement ont affecté les terrains sur plusieurs dizaines de mètres ; les bordures des glacis ont souvent l'allure de falaises. La sédimentation postérieure peut enfouir ces dénivellées qui sont en général masquées sous les épandages limoneux.

Dans la plaine de Téhéran, ces phénomènes semblent courants ; nous expliquons ainsi les nombreuses anomalies dans les débits pompés et ce, sur de faibles distances.

- Des formations alluviales de perméabilité bonne s'emboîtent dans des terrains limono-argileux de perméabilité restreinte. Il y a donc tendance à l'existence de zones à écoulement préférentiel.
- Les dénivellées de la plaine ont pu jouer au cours du Quaternaire comme niveaux de base locaux favorisant la sédimentation au pied des ressauts des glacis. Ces dépôts sont plus épais à la base du ressaut et s'amincissent vers l'aval. Inégales répartitions des masses alluvionnaires, coexistence de terrains de perméabilités très différentes, discontinuités latérales brutales dues à des causes plus géomorphologiques qu'à des chan-

gements de faciès, sont à l'origine de grandes hétérogénéités dans les caractéristiques des aquifères.

1.2.2 - Géomorphologie et particularités hydrologiques.

- L'existence dans les limons de croûtes calcaires très épaisses entraîne des mises en charge locales.

Dans le piémont, l'étude des formes étagées apporte des renseignements pratiques sur la répartition des masses d'eau. Il est fort probable que tous les terrains alluviaux sont saturés à partir d'une certaine profondeur ; cette profondeur croît avec l'étagement des glacis si bien qu'il est pratiquement impossible de savoir où se trouve le niveau des eaux souterraines dans le troisième et surtout dans le dernier glacis (alluvions "A").

Ailleurs, dans le piémont, l'observation montre que les masses alluviales d'âges différents ont des comportements différents et possèdent une certaine autonomie en propre ; les limites d'emboîtement des formations forment des écrans à perméabilité variable, si bien que les échanges en eaux souterraines ne s'en trouvent pas facilités.

Les formations les plus intéressantes sont les cônes de déjection qui représentent des masses alluviales importantes et bien alimentées ; en liaison plus ou moins directe avec des dépressions tectoniques (existence de fosses très profondes au droit des cônes du Kan et du Karadj), ce sont des zones sur lesquelles il faudra insister au cours d'études plus approfondies.

1.3 - ETUDE DES CONDITIONS AUX LIMITES ET DE MILIEU DES AQUIFERES (fig. 64).

1.3.1 - Les conditions aux limites.

- Au Nord, l'aquifère général de la région de Téhéran est limité par le grand accident qui permet aux tufs verts de chevaucher localement les formations alluviales.

Ce contact par faille entre des formations alluviales et des terrains à comportement imperméable, peut avoir

des incidences défavorables sur l'exploitation des eaux souterraines (effet d'images). Cet accident n'a pas un effet drainant très marqué.

Donc la limite Nord est bien définie.

- Au Nord-Est, dans la zone des Hézardareh, le bassin hydrologique est limité par des reliefs formés par les terrains aquifères eux-mêmes.

La limite hydrologique réelle est imprécise ; la zone des Hézardareh est parfaitement limitée au Sud, par les reliefs du Sépayeh. L'absence de piémont dans cette région permet une limite nette. Donc les puits situés le long de la route du Mazandéran risquent d'être influencés par l'effet d'écran.

- A l'Est de la ville, l'aquifère est aussi bordé par les reliefs de l'Anti-Elbourz. Mais la limite est diffuse à cause de l'existence d'un vaste piémont : le substratum lui-même doit descendre en pente douce sous le piémont. Ce piémont localement épais et alimenté (région de Qars-é-Firouzeh) joue le rôle de zone d'alimentation et ne doit pas avoir d'effet d'écran marqué.

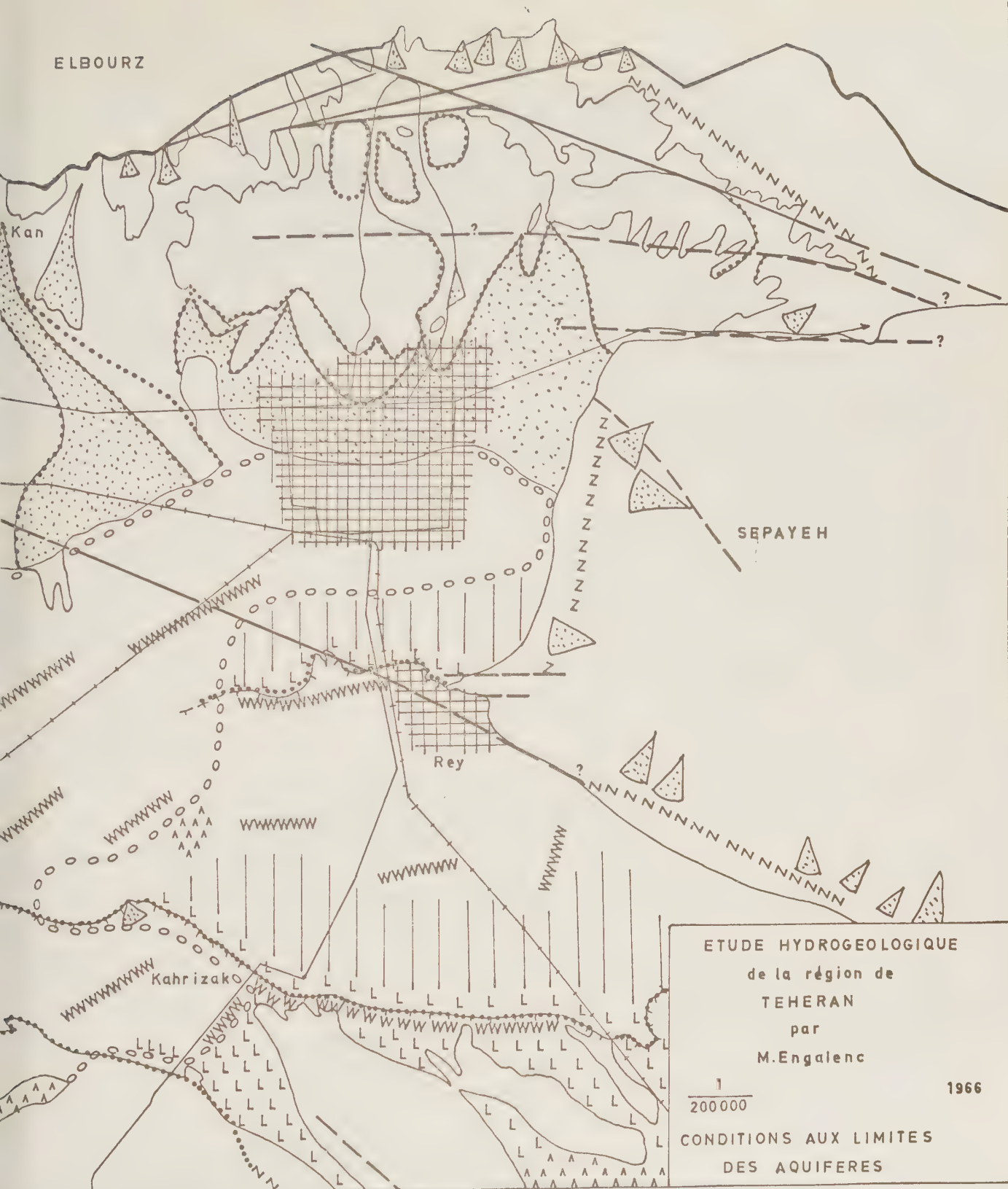
L'absence d'accidents tectoniques de direction Nord-Sud ne permet pas de supposer l'existence d'écran caché.

Par contre, le long de la route du Khorassan (zone Est de Rey en direction de Varamine) des effets d'écran sont possibles en raison de l'existence de nombreuses failles de direction générale Ouest-Est. Superficiellement, le piémont rend incertain la limite des terrains aquifères.

Dans le Sud de la région, la remontée des terrains imperméables miocènes sert de limite ; les reliefs volcaniques faillés forment les dernières limites possibles pour les eaux venant de Téhéran. Les zones d'évaporation, les étroitures à l'Est de Rey et dans la vallée du Kan sont d'autres conditions locales.

Mais d'une façon plus précise, la surface d'érosion qui sépare les limons des formations miocènes ou plio-miocènes (3ème glacis du Sud, Butte Gémayel ...), peut servir d'écran à tendance imperméable. Les piémonts du Sud correspondent à des surfaces d'érosion recouvertes par un manteau pelliculaire du reg. Ces terrains sont considérés comme stériles.

Aussi est-il préférable de limiter l'aquifère à l'extension méridionale des limons.



- | | | |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Limite tectonique | Evaporation permanente | Alimentation artificielle |
| " géomorphologique | Zone des eaux en charge | " par kanats |
| " imprécise | Alimentation naturelle | Substratum subafléurant |
| Zone d'évaporation temporaire | | |

fig.64

ELBOURZ

Kah

Téhéran

SEPAYEH

Rey

Kahrizak

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE
de la région de
TEHERAN
par
M.Engalenc

1
200.000

PRINCIPALES ZONES AQUIFERES

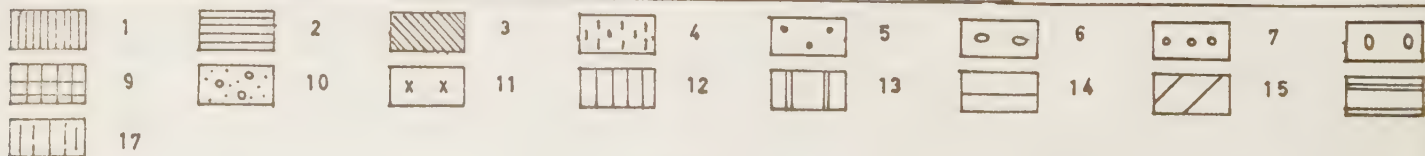


fig. 65

1.3.2 - Les conditions de milieu de l'aquifère.

L'étude hydrogéologique de la région de Téhéran se ramène très souvent à des cas particuliers, ceci en raison de l'hétérogénéité même des formations alluviales, de l'inégale répartition de ces alluvions, de la complexité géologique et géomorphologique.

Le piémont est riche en cas particuliers.

- Les limites entre deux formations alluviales peuvent être, nous l'avons vu, des surfaces de discontinuité.
- En profondeur et semi-profondeur, le système de failles qui découpe le piémont à une importance particulière sur la répartition des eaux souterraines et leur exploitation. Dans nos hypothèses tectoniques, les flancs Nord des alignements anticlinaux correspondent en général avec des failles très redressées. Les failles font remonter des terrains à comportement imperméable. Ces failles sont autant d'écrans étanches qui s'opposent à l'écoulement des eaux et qui sont très défavorables à leur exploitation.

Ces phénomènes sont particulièrement visibles dans la dépression tectonique de Mahmoudieh et celle de Davoudieh-Qolak. La dépression de Mahmoudieh est un compartiment affaissé entre deux failles.

A l'approche des structures qui accidentent le piémont des effets d'écran sont donc à redouter.

Nous anticipons sur les révélations de la carte piézométrique, mais il existe des chenaux d'écoulement qui contourment les collines des glacis élevés. Le résultat est que par rapport à ces écoulements préférentiels, les collines se comportent comme des terrains à tendance imperméable, même si ces terrains sont susceptibles de former de bons aquifères.

1.4 - LES AQUIFERES DE LA REGION DE TEHERAN.

Le caractère majeur de ces aquifères est leur extrême complexité. Cette complexité est liée à celle du piémont de Téhéran. Nous avons attiré l'attention sur la particularité d'existence de ce piémont dont les difficultés sont inconnues dans les autres régions.

Il est impossible de généraliser sur une grande surface, les observations recueillies localement.

En raison des nombreuses conditions de milieu (tectoniques, géomorphologiques, et sédimentologiques), l'étude de la région de Téhéran se ramène à la reconstitution d'une mosaïque d'observations qu'il est parfois difficile de raccorder.

Pour simplifier le problème, nous avons éliminé sur les cartes hydrologiques, les régions qui se comportent comme des imperméables. Nous avons vu ci-dessus que nous considérons comme imperméables les collines du piémont même si leur perméabilité est satisfaisante. En effet, dans l'état actuel de l'exploitation des eaux souterraines, il n'existe pas de puits dans les formations anciennes (A) et très peu, sinon pratiquement pas, dans le "B". Donc dans une étude des eaux exploitables, ces régions sont négligées. Pour une estimation des réserves générales, il faudrait en tenir compte ; la région de Téhéran est morcelée en plusieurs compartiments à comportement hydrologique différent.

Les principales zones ayant une individualité hydrologique sont (fig. 65) :

1.4.1 - Les aquifères du piémont de Téhéran.

- Le grand cône de déjection du Kan. C'est une masse alluviale bien délimitée et bien alimentée, pouvant emmagasiner de grandes réserves d'eau. Les conditions aux limites sont matérialisées par des surfaces d'emboîtement (latéralement), des terrains de plus faible perméabilité (au Sud) et une zone d'alimentation (au Nord).

- La ceinture de cônes de déjection actuels : (8)

Ces formations détritiques de très bonne perméabilité, régulièrement alimentées par les crues, sont de très bons aquifères limités latéralement par des surfaces d'érosion ; les effets d'écran sont rares. Ils font figures de zones d'alimentation pour la région.

- D'une façon générale, le deuxième glacis ou glacis principal (10) :

Il correspond aux zones d'épandage des grandes crues, aux zones irriguées, à l'infiltration à partir des surfaces bâties, et des ghanats ; les limites sont géomorphologiques (couloirs entre les collines) et géologiques (plans de failles).

- La zone de Téhéran Pars (11) ; portion du 2ème glacis bien individualisée, limitée au Sud par le Sépayeh (effet d'écran à redouter), au Nord par l'anticlinal de Shyan à l'Est par les collines du Sud des Hézardareh, au Nord-Est cette zone est alimentée par un goulet ; à l'Ouest la limite est géomorphologique ; elle met en contact des terrains de perméabilité moyenne avec des formations de cônes alluviaux.
- La cuvette située dans la dépression entre les Hézardareh et l'alignement de Schyan ; cette zone est mineure, mais possède des accidents tectoniques ; elle est ouverte vers le Sud-Ouest par un étroit goulet.
- Le gradin surélevé de Niavaran, d'origine tectonique, limité par des failles au Sud, et par les reliefs de l'Elbourz au Nord. La couverture alluviale récente et actuelle contient des eaux souterraines d'importance locale (5).
- La zone affaissée d'Ozgol (6), limitée au Nord par la grande faille de Schadabad-Tadjrich, au Sud par la faille (hypothétique) qui vient de l'Elbourz et se continue vers le Sud-Est, et à l'Est par les reliefs des Hézardareh.
- La fosse de Mahmoudieh au Nord de l'Hôtel Hilton (1) :

Zone affaissée entre deux plans de failles : faille de Schadabad au Nord, faille de l'anticlinal du Hilton au Sud. La **convergence** de ces failles à l'Ouest limite la fosse : la grande faille Nord-Ouest - Sud-Est de l'Elbourz peut limiter cette zone vers l'Est ; c'est un aquifère exigu qui risque d'être complètement cloisonné par des écrans.

- Le gradin de Tadjrich (4), il est d'origine tectonique et surplombe la fosse de Mahmoudieh vers le Nord ; une couverture alluviale récente et localement alimentée par les crues de petits oueds peut contenir des eaux souterraines.

Il est limité au Nord par une faille ; même chose à l'Est.

- Le gradin supérieur de Fahrazad, situé au-dessus du précédent, n'est cité que pour mémoire ; formé de terrains anciens et mal alimentés, il ne joue qu'un rôle hydrologique restreint.
- La dépression de Vanak (3), c'est un cirque d'alluvions récentes niché au Nord de l'alignement d'Abbas-Abad et alimenté sur les crues de la rivière d'Evin.

Les failles qui accidentent les charnières anticlinales peuvent intervenir localement.

- La dépression de Davoudieh-Golak (2), elle occupe une zone synclinale limitée au Sud par la faille de Davoudieh, et au Nord par les reliefs en pente douce de l'alignement du Hilton.
- Le plateau de Darrous (9), zone alluviale mal définie à couverture récente faible, à structure profonde mal connue, mais certainement accidentée, en position surélevée au Nord et affaissée vers le Sud. Le prolongement de la faille de Davoudieh (dénivellation de Zarabkhu-neh) peut introduire des effets d'écran.

1.4.2 - Les aquifères de la plaine alluviale.

- La ceinture sablo-limoneuse externe des cônes de déjection (14) : elle est directement alimentée par les eaux qui s'écoulent des cônes ; elle est plus développée à l'aval de la rivière Kan qu'au Sud de Téhéran.

Des limites géomorphologiques marquées sont à prévoir sous la couverture limoneuse (notamment dans la zone du Kan).

- La poche de Rey (13) : à l'aval de la dénivellé de Chahr Rey s'étend une masse limoneuse de périmètre mal défini dont l'épaisseur diminue vers les bordures méridionales ; un effet d'écran peut se faire sentir à la limite d'emboîtement des 3ème et 4ème glacis. Cette poche est alimentée depuis des siècles par l'infiltration des eaux des ghanats et de la rivière qui longe le Sépayeh et récemment par les eaux de canalisation. En bordure, des pertes par évaporation sont à craindre.
- La plaine de Kahrizak (15) : c'est un remblayage limoneux avec des bancs de graviers contenant des eaux en charge (vers 11 m de profondeur). Elle est limitée au Nord et au Sud par la surface d'emboîtement des 2ème et 3ème glacis et vers l'Est par la remontée du Miocène et des roches volcaniques ; l'alimentation de cette zone se fait à partir des eaux de la plaine de Téhéran (essentiellement par ghanats) du Kan et de la région de Karadj (à l'Ouest). Mais, une légère remontée du substratum peut former un seuil qui s'oppose au moins partiellement aux venues à partir de cette dernière région. Cette plaine est très hétérogène ; les lits de graviers qui drainent les limons sont très souvent limités par des surfaces d'érosion très redressées et par des encroûtements massifs ; ces accidents sont autant de facteurs défavorables pour l'exploitation des eaux souterraines qui sont ainsi réparties d'une façon hasardeuse.

- Entre la ceinture limono-sableuse, la poche de Rey et la plaine de Kahrizak, s'étendent des espaces à possibilités hydrologiques très limitées. Ils correspondent aux zones d'anciennes surfaces d'érosion à substratum Miocène, très faiblement ou pas (bordure des falaises de Rey et de Kahrizak) recouvertes par les alluvions récentes et actuelles (16).

1.4.3 - Les nappes de piémont.

On distingue encore les nappes de piémont ; sur la bordure du massif du Sépayeh des formes d'accumulation peuvent contenir des réserves réduites étant donné la faiblesse de l'alimentation. Autour des reliefs du Sud, ces aquifères sont très limités et n'ont qu'un intérêt très local. Ils alimentent pourtant quelques ghanats (17).

1.4.4- La zone des eaux en charge (14).

L'extension sous la plaine limoneuse des masses alluviales du piémont est à l'origine d'une zone aquifère profonde contenant des eaux en charge. Cet aquifère peut être formé : soit par l'extrémité la plus méridionale des cônes de déjection, soit par des poches alluviales anciennes épargnées par les cycles d'érosion. Le long de la ceinture externe des cônes de déjection, il peut exister un sillon d'alluvions anciennes, allongé Est-Ouest. Ce sillon est directement alimenté par les cônes de déjection. Il peut s'ouvrir vers l'Ouest dans la zone profonde de Kan-Mehrabad-Yaftabad. Cette dernière zone alimentée par le Kan, s'étend vers le Sud, en liaison plus ou moins directe, avec les apports du Karadj. Il existe aussi une zone aquifère profonde (60 à 80 m ?) en charge sous les limons.

Cet aquifère est limité à l'Est par la zone de glacis anciens à substratum imperméable. Son extension se poursuit vers le Sud, en s'amenuisant, et forme un petit golfe, au-dessus de la falaise de Kahrizak. La falaise elle-même forme un éperon stérile qui s'ennoie en direction du Karadj (vers l'Ouest).

Cette zone en charge pénètre dans la plaine de Kahrizak, en nouveau golfe qui disparaît rapidement vers l'Est avec la remontée du substratum.

Les eaux souterraines en charge que l'on trouve localement dans la poche de Rey et de Kahrizak, peuvent être contenues dans des graviers qui correspondent certainement à des cônes de déjections modestes qui se sont développés au début de la sédimentation Würmienne (?) (début du "C") au pied des falaises de Rey et de Kahrizak. La rivière Kan, et l'oued sec en surface qui longe l'Ouest du Sépayeh, étaient à l'origine de ces cônes. Ils peuvent d'ailleurs continuer à alimenter ces aquifères.

* *
*

2. - LA SURFACE DES EAUX SOUTERRAINES.

2.1 - L'INVENTAIRE DES POINTS D'EAU. (Voir carte hors texte)

L'inventaire des points d'eau a fait l'objet d'une longue et fastidieuse enquête personnelle. Aucune indication n'étant donnée sur ce sujet, sauf en ce qui concerne la ville (102), il a été nécessaire de parcourir la région en tous sens et de se livrer à un désobligeant porte à porte.

Pourtant, cet inventaire était nécessaire, même pour une étude préliminaire ; dans la plaine, l'inventaire est assez complet et correspond à l'état des points d'eau en 1964. La densité des points dans la plaine est assez faible ; certaines zones (amont de Kahrizak) sont désertes. Dans les zones construites, c'est-à-dire en ville et sur le piémont, les puits sont nombreux ; mais en ville, ce sont d'imposantes installations de pompage qui ne se prêtent pas, par construction, à des mesures.

Dans le piémont, les puits sont généralement dans les cours des maisons. Une bonne compréhension de l'hydrogéologie du piémont demande une forte densité de points d'eau notamment près des bordures. De telles conditions demandent un inventaire serré, ce qui n'a pas toujours été réalisé.

A Chémiran, la distribution par canalisation de l'eau n'existant pas encore, les puits sont très nombreux, mais leur inventaire est très pénible. Des méthodes statistiques seraient souhaitables. La carte des points d'eau est donc incomplète, en ce qui concerne les zones urbaines. Somme toute, 500 puits et forages ont été inventoriés ; les sources et plans d'eau sont rares ; 300 ghanats complètent cet inventaire.

2.2. - LA CARTE PIEZOMETRIQUE.

2.2.1 - Valeur d'une carte piézométrique.

Pendant l'hiver 1964-65, une campagne de mesures piézométriques a été soigneusement réalisée sur 210 points.

Les mesures ont duré 28 jours. Entre temps, la saison des pluies avait commencé mais avec des précipitations réduites. Toutefois, une amorce de remontée de la surface des eaux souterraines a pu être observée. Donc les mesures correspondent à un état transitoire de la surface piézométrique proche des "basses eaux".

A la précision de ces mesures (au centimètre près avec une sonde électrique), s'oppose l'imprécision de l'altimétrie.

Dans la moitié Sud et au Nord-Ouest de la région, c'est-à-dire dans la zone non cartographiée par le "Lar Valley Project", nous n'avons aucun repère altimétrique. Le manque de repères ne nous a pas permis d'effectuer de bonnes mesures barométriques valables.

Une esquisse piézométrique est présentée dans cette étude (fig. 66 et schéma hydrogéologique hors texte).

2.2.2 - Interprétation des données piézométriques.

L'esquisse piézométrique, les données de la géologie et de la géomorphologie et la chimie des eaux souterraines, permettent une interprétation convenable de l'allure de la surface piézométrique et les directions d'écoulement.

Généralités :

La surface piézométrique est fortement influencée par la topographie, les conditions de milieu et aux limites. Etant donné la jeunesse des reliefs, toutes ces conditions dépendent étroitement des facteurs géologiques.

- Chaque ride anticlinale s'oppose à la libre circulation des eaux. Cette opposition est d'autant plus marquée que les alignements sont normaux aux écoulements généraux.
- La disposition en glacis étagés accentue les anomalies d'ordre géologique. Le piémont est constitué par une série de collines qui sont autant de conditions perturbantes pour les écoulements : s'il ne fait aucun doute que les formations anciennes ("A" et parfois le "B"), sont saturées en-dessous d'une certaine profondeur, il est aussi certain que les eaux souterraines suivent des directions d'écoulements préférentielles.
- Les eaux actuellement exploitées dans le piémont de Téhéran, sont celles qui sont contenues dans les formations alluviales du glacis principal (alluvions "C") et dans les cônes de déjections actuels. Nous ne connaissons pas de points d'eau dans les alluvions "A" (en 1965) et de très rares dans les alluvions "B". Les puits-mère des ghanats situés dans les collines sont creusés dans les remplissages alluviaux modernes qui comblent les fonds des thalwegs. Ces ghanats exploitent donc les eaux de nappes de faibles débits qui se comportent comme des "aquifères perchés".

A une échelle plus grande, le glacis moyen ("C") se comporte de la même façon par rapport aux alluvions plus anciennes.

Il existe une grande indépendance entre deux formations d'âges différents. Le cas que l'on peut porter en exemple est celui de la dépression de Davoudieh-Golak entre les anticlinaux du Hilton et d'Abbassabad. Cette dépression continue vers l'Est celle de Vanak. Tous les puits et ghanats sont situés dans le fond de la dépression, c'est-à-dire dans les alluvions "C". La surface des eaux souterraines est à une profondeur qui varie de 30 à 40 mètres.

Vers le Sud, le contact certainement faillé avec l'anticlinal d'Abbassabad, forme une limite nette au delà de laquelle il n'est plus possible d'exploiter les eaux souterraines.

Vers le Nord, la topographie s'élevant rapidement, il n'existe des puits que sur les bordures des alluvions "B". L'esquisse

piézométrique montre clairement la disposition drainante de la dépression de Davoudieh.

De telles dispositions se retrouvent entre le pied de l'Elbourz et l'anticlinal du Hilton, la colline de Qeytarieh et d'Elayeh, entre cette dernière et celle du Hilton, au Nord des collines de Rostamabad, Shyan, etc ...

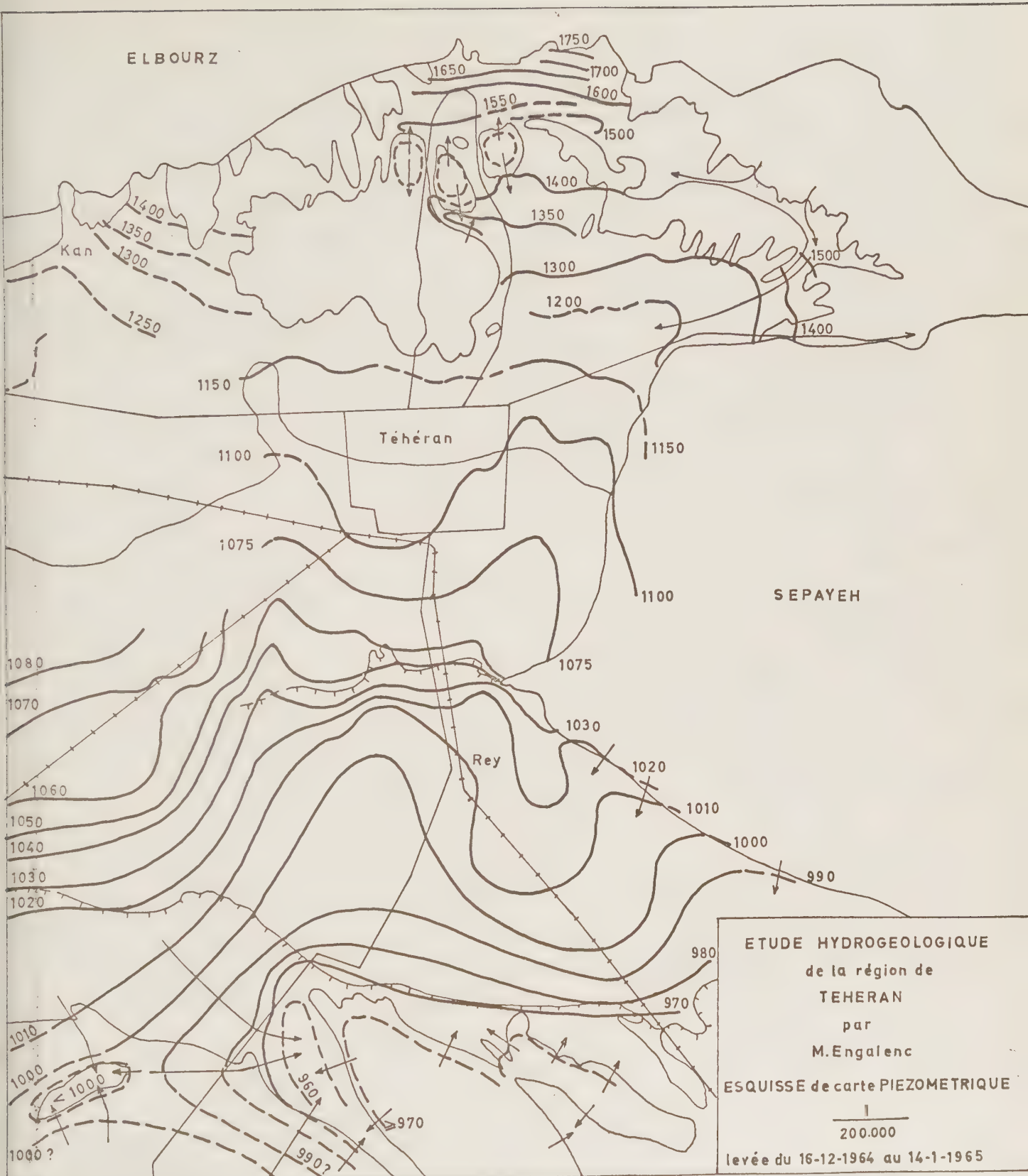
Dans le piémont de Téhéran, malgré les nombreuses anomalies dues aux conditions de milieu, on peut distinguer :

- Que les gradients hydrauliques sont élevés.
- Que les courbes isopièzes se parallélisent avec les reliefs de l'Elbourz dénotant une action dans le sens de l'alimentation à partir de ces reliefs.
- La faille Schadabad-Tajriche produit une rupture de pente dans la surface piézométrique entre les valeurs 1600 et 1550 m ; les gradients sont plus forts à l'amont de la faille.
- L'écoulement se heurte ensuite à l'alignement du "Hilton" et emprunte les couloirs situés entre les collines (le long des routes Pahlavi et de Chémiran) ; entre la colline de Qeytarich et Rostamabad, l'opposition à l'écoulement est faible.
- L'anticlinal d'Abbasabad dévie les eaux souterraines vers le Sud-Est. La dépression de Davoudieh-Qolah sert de drain qui recueille les écoulements des routes de Pahlavi et de Chémiran.
- Vers le Sud, l'écoulement reprend la direction Nord-Sud (au niveau de Madjidieh).
- A l'Ouest, entre la rivière Kan et Baghé-é-Feyz, l'écoulement depuis Hézarak a une direction vers le Sud-Ouest. Cette direction est imputable à la topographie ; le cône du Kan occupant une zone déprimée par rapport aux collines de Téhéran.
- A l'Est, les alignements des Hézardareh imposent une direction d'écoulement vers le Sud-Ouest.
- Au Nord du massif du Sépayé, l'écoulement est nettement vers l'Ouest ; les courbes isopièzes sont normales avec les reliefs ; l'absence de piémont et d'alimentation en est la cause ; ceci n'a rien d'étonnant si l'on pense que le substratum peut être des marnes du Lias et que le contact par faille n'est pas exclu.

- Au Nord de Dochan Tappeh, la convergence des écoulements venant du Nord et de l'Est forme une zone de drainage très nette.
- Au Nord de la ville, la sinuosité des courbes est due à l'écoulement dans les cônes de déjection.
- Au niveau de la ville, il existe une anomalie déjà mentionnée dans le rapport de 1958 (102). Les courbes sont nettement concaves vers l'amont et sont très fortement espacées. Cette anomalie est certainement due à la superposition de faits convergents :
 - . influence de la topographie,
 - . morphologie convexe des cônes de déjection,
 - . accroissement de la perméabilité (ceinture de cônes de déjection),
 - . alimentation par les cônes de déjection,
 - alimentation par les infiltrations massives à partir des surfaces bâties,
 - . Ces phénomènes sont exagérés dans la moitié Sud de la ville par la rupture de pente piémont-plaine limoneuse qui entraîne une nette diminution du gradient hydraulique.
- La bordure Ouest du Sépayeh se comporte comme une zone d'alimentation : l'existence d'un piémont avec des formes d'accumulations est à l'origine de cette alimentation.
- La coexistence de l'anomalie de Téhéran et de cette zone d'alimentation crée une zone de drainage très forte qui se traduit par un profond thalweg dans la surface piézométrique (Doulab).
- A l'Ouest, le cône de la rivière Kan impose aux écoulements souterrains une direction vers le Sud-Est ; c'est une zone d'alimentation ; les courbes sont concaves vers l'amont.
- Le raccord entre cette zone d'alimentation et le cône de Téhéran se fait par un axe de drainage très marqué, situé à l'Ouest de la ville.

Dans la plaine limoneuse :

- La pente topographique étant plus douce, les gradients sont plus faibles.



les flèches indiquent uniquement des directions d'écoulement.

fig.66

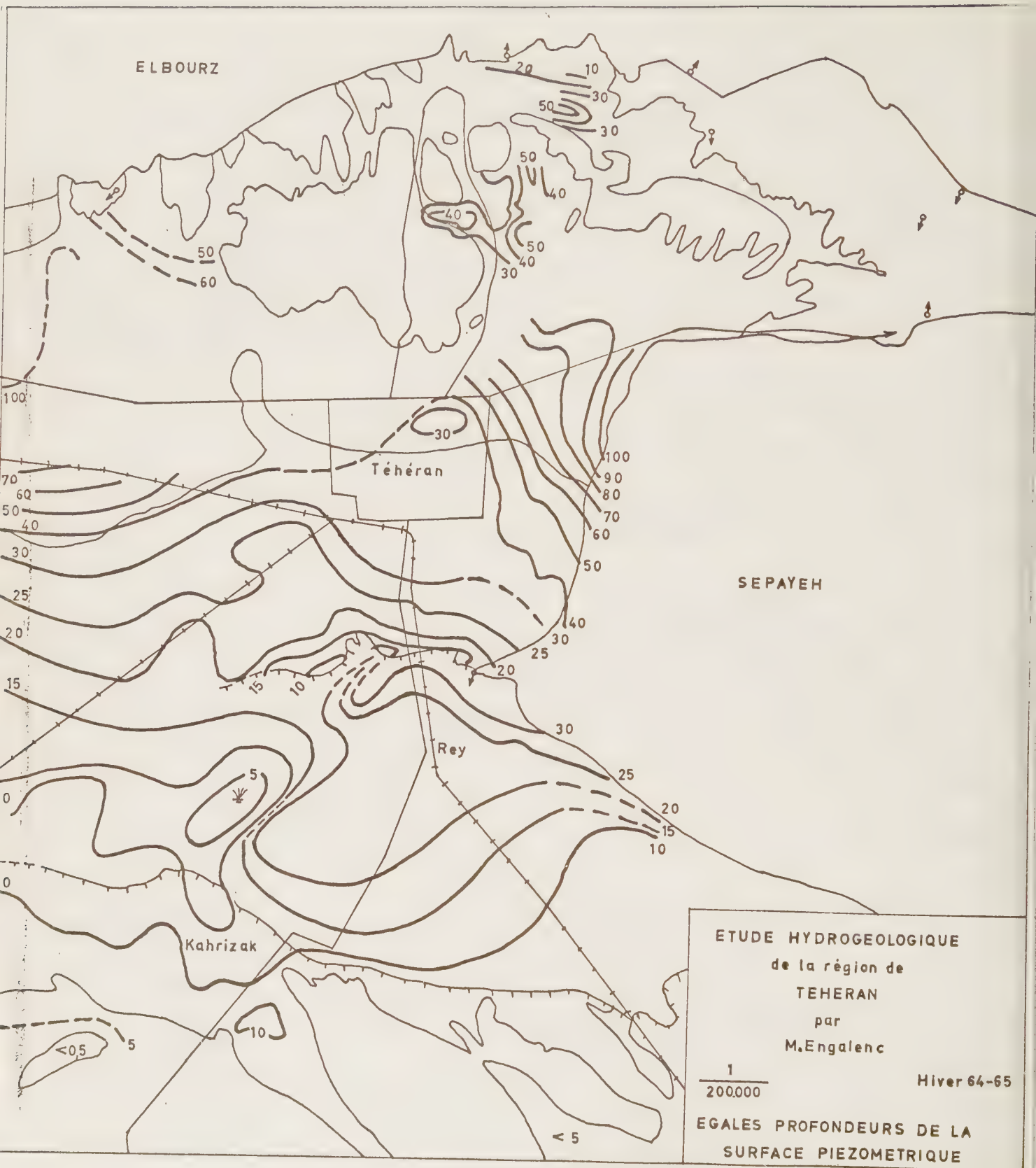


fig.67

- La poussée des eaux du cône du Kan continue jusqu'au Sud.
- Dans l'extrême Sud-Ouest, il existe un apport depuis la région de Karadj. Cet apport se limite à la plaine de Kahrizak. La direction des écoulements dans la plaine de Kahrizak se fait du Nord-Ouest vers le Sud-Est.
- Les axes de drainage situés de part et d'autre de la ville se raccordent au Sud de la falaise de Rey pour former une gouttière (Hassanabad). Cette zone correspond au raccord de la surface convexe des apports du Kan et d'une autre surface convexe, située au Sud de Rey. Cette dernière zone correspond à une anomalie très marquée. Elle est due à l'existence de la ville de Rey qui est abondamment alimentée par un puissant réseau de ghanats depuis des millénaires. Mais cette anomalie est soulignée par l'existence d'une zone magnésienne (voir chap. chimie), qui semble montrer que le substratum dolomitique (Cambrien et Trias) joue un rôle dans l'alimentation de cette région.
- Au niveau de la falaise de Rey, les courbes piézométriques se resserrent, traduisant la rupture de pente topographique, un changement dans la lithologie, une discontinuité d'ordre géomorphologique et peut être tectonique.
- Dans l'extrême Sud, la courbe 975 enveloppe les reliefs ; comme l'écoulement ne peut traverser ces reliefs, il faut admettre une certaine stagnation des eaux ; la seule échappée possible est le couloir de l'étroite vallée du Kan. Cette zone correspond à une limite d'extension des eaux souterraines. L'évaporation doit compenser les apports.
- Dans la zone du Kévir de Tchamborax, l'alimentation de ce Kévir se fait à partir des eaux de la région de Karadj. L'écoulement arrive depuis l'Ouest tangentiellement, si bien que les eaux provenant de Téhéran ne parviennent pas dans cette zone d'évaporation. Inversement, les eaux saturées de ce kévir ne peuvent pas influencer celles du Sud de la plaine de Kahrizak.

Cette disposition permet de conclure que les apports depuis le Karadj sont limités et servent essentiellement à alimenter le kévir.

2.2.3 - Profondeur de la surface piézométrique (fig. 67).

Dans le piémont, les eaux sont rarement en charge sauf conditions locales (formations lenticulaires à l'aval des cônes de déjection). Par suite, la surface piézométrique traduit aussi celle des eaux souterraines.

Par contre, dans les limons, les eaux sont en charge, si bien qu'il ne faut pas confondre la carte d'égaux profondeurs de la surface piézométrique avec celle des eaux souterraines.

Cette carte reflète de nombreuses anomalies qui sont en liaison avec les données de la carte piézométrique.

Les profondeurs les plus grandes se trouvent dans les cônes de déjection et à l'intersection de ces cônes. Par exemple, la surface des eaux se trouve à plus de 100 m à l'aval du cône du Kan, 90 m vers Madjidieh, 110 m à l'Est de la place Schanaz (Fouzieh). Cette profondeur correspond avec le thalweg qui déforme la surface piézométrique à l'Est de la ville. Dans le cône du Kan, les profondeurs diminuent en général de l'amont vers l'aval de 100 m à 40 m.

- En ville, les profondeurs sont variables : 40 à 60 m en moyenne. Dans les dépressions du Chémiranat, les profondeurs varient beaucoup localement : 10 m parfois en bordure des montagnes : 40 à plus de 50 m au Sud de la faille de Schadabad-Tajrich 20 à 30 m au Nord de cette faille ; 40 m à Davoudieh ; 50 m à Darous.

- Dans la plaine, les profondeurs diminuent en général vers l'aval.

Dans les limons, les profondeurs dépassent rarement 30 m. La principale anomalie est celle de la falaise de Rey. Au Nord de la dénivellée, les eaux se rapprochent rapidement de la surface du sol ; moins de 10 m en bordure. Au pied de la falaise, les profondeurs passent brusquement à plus de 30 m, il existe ainsi un seuil nettement marqué ; l'emboîtement des glacis, peut être un accident tectonique, est à l'origine de cette anomalie.

Par contre à Tchehmeh Chahi les eaux affleurent.

Nous expliquons ces anomalies par la forme et la profondeur du substratum (Miocène ?). Dans les régions surcreusées par les phases d'érosion, les eaux ont tendance à être profondes, par contre au niveau des glacis épargnés par l'érosion, le substratum peu pro-

fond, en réduisant les épaisseurs de la couverture alluviale, permet des émergences. Si des eaux souterraines en charge voisinent avec ces remontées du substratum imperméable, il s'en suit une chute de potentiels qui peut s'accompagner d'émergences.

Dans la plaine de Kahrizak, les eaux souterraines se trouvent vers 11 m de profondeur ; mais étant en charge, elles remontent d'environ 5 m, si bien que l'action de l'évaporation est particulièrement active dans cette zone.

Autour des collines du Sud, l'eau est à moins de 5 m de profondeur ; dans le kévîr de Tchamborax, la nappe affleure, mais l'intense évaporation empêche la formation de flaques d'eau ; sous les croûtes de sel, on trouve l'eau vers 40 cm.

Nous rappelons que dans les collines du piémont de Téhéran, les points d'eau manquent en raison des grandes profondeurs des eaux souterraines.

2.2.4 - Les variations de la surface des eaux souterraines.

Les variations peuvent être très grandes localement. Saisonnièrement des variations de plusieurs mètres existent ; elles sont d'autant plus grandes que l'on est plus proche des zones d'infiltration et d'épandage. Dans la dépression de Davoudieh, on peut avancer des valeurs de 3 m à 5 m ; 5 m à 8 m dans les grands cônes de déjection (crue-décrue).

Au Nord de Téhéran, nombreux sont les puits qui sèchent pendant la saison chaude.

Les basses eaux se situent en automne, dans la première semaine de Novembre. Les "hautes eaux" doivent se situer en Avril-Mai dans le piémont. Les amplitudes sont plus faibles dans les zones correspondant aux glacis (plaine de Téhéran). Mais dans l'état actuel d'exploitation des eaux souterraines, il est difficile d'évaluer ces variations, les pompages étant très actifs pendant la période sèche, les hautes eaux correspondant avec la fin de la période froide à pompages réduits.

Localement, l'état normal de la surface des eaux souterraines correspond avec le niveau dynamique, la nappe étant constamment rabattue (Mahmoudieh ...).

D'une année à l'autre, le niveau des eaux souterraines s'abaisse à part quelques exceptions. L'abaissement semble progressif dans le piémont de Téhéran où les usagers doivent surcreuser leur puits régulièrement. Dans le Sud de la plaine, une tranche d'eau d'environ 5 m semble avoir disparue en 8 ans ; à Mehdiabad, il était impossible de planter des arbres ou de creuser des fosses septiques tant le sol était détrempé ; actuellement, cette "nappe superficielle" a disparu et la première eau rencontrée est celle de 11 m (en charge).

Localement, on implique cet état de fait à la mise en eau du barrage du Karadj. Dans un sens, c'est un bienfait, car les sols perdent de leur salinisation.

En ville, la carte piézométrique montre un dôme qui peut être dû en partie à une alimentation ; en effet, sur le site même de la ville d'exploitation des eaux souterraines a toujours été réduite ; les puits n'existent que depuis 15 ans environ ; leur nombre est inférieur à 200 ; la distribution des eaux provenant de la rivière Karadj (55 millions de m³/an) favorise l'infiltration de grandes masses d'eau et a réduit fortement l'exploitation des puits. Aussi, il semble que dans la zone bâtie de Téhéran, le bilan hydrologique soit positif.

Par contre, de graves problèmes se posent pour les zones à forte densité de population et qui ne sont pas encore desservies par les eaux de canalisation, c'est le cas du piémont de Téhéran ; en plus de l'exploitation abusive des eaux souterraines, il faut tenir compte des conditions aux limites et de milieu très défavorables. Dans les dépressions étroites du piémont, les interférences entre les puits et les effets d'écrans produisent des chûtes de niveaux catastrophiques.

* *

*

3. - CONSIDERATIONS SUR LES CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DES AQUIFERES.

3.1 - CONSIDERATIONS GENERALES SUR L'HYDRODYNAMIQUE DES AQUIFERES DE TEHERAN.

Ayant délimité les principales unités hydrogéologiques de la région de Téhéran, il serait très utile de déterminer leurs caractéristiques hydrodynamiques, afin d'étudier l'évolution des potentiels dans chaque zone et de définir un programme de pompage actuel adapté aux conditions locales ainsi qu'un programme de pompage à longue échéance.

Mais la région n'est pas vierge au point de vue exploitation des eaux souterraines. La surexploitation, la multiplicité des écrans, la grande variabilité des phénomènes hydrologiques (grande influence sur l'alimentation) font que les potentiels des eaux souterraines sont dans un état actuel très difficile à établir. Dans les zones bâties de Téhéran et de Chémiran, les interférences sont telles que des reconstitutions d'évolution des potentiels semblent choses impossibles.

Des courbes théoriques peuvent être obtenues si l'on a des valeurs approchées des caractéristiques hydrodynamiques T et S. Ces valeurs peuvent se déduire d'essais de pompage de courtes durées. Les formules de THEIS et de JACOB permettent la construction des courbes théoriques.

Par la suite, des essais de pompage de longues durées définis par les calculs théoriques, permettent d'estimer les conditions actuelles des eaux souterraines. La comparaison de la courbe théorique avec la courbe réelle permet un réajustement pour les valeurs de T et de S. Avec ces nouvelles valeurs, il est alors possible de définir l'évolution des potentiels des eaux souterraines sur de longues périodes.

La réalisation pratique demande une somme considérable de données : inventaire précis de tous les points d'eau, conditions d'exploitation (combien d'heures par jour, de jours par an, date de début de mise en exploitation, caractéristiques techniques du forage les débits pompés et leur variation ...), et conditions aux limites. Il ne faut pas oublier d'intégrer les volumes positifs tels que l'alimentation par les ghanats, les surfaces bâties et les eaux de canalisation étrangères à la région.

Etant donné le morcellement de l'aquifère général de la région de Téhéran, il est nécessaire de récolter de nombreuses valeurs de T et de S ; les extrapolations d'une zone à l'autre peuvent amener des erreurs. Il faut donc effectuer de nombreux essais de pompage.

Les essais de longue durée sont fortement conseillés, afin de mettre en parfaite évidence les effets des écrans.

Dans les zones compartimentées du Nord de la région, les effets d'écrans jouent un rôle considérable dans l'exploitation des eaux souterraines.

Un rabattement résiduel croissant avec le temps dans les zones surexploitées doit être rajouté aux prévisions calculées.

Les formules classiques sont établies pour des conditions très précises. Dans la région considérée, les aquifères ne sont pas toujours infinis même par rapport aux épaisseurs ; au contraire, les conditions aux limites sont parfaitement finies. Quant aux critères d'homogénéité, ils sont rarement respectés : de par sa nature même, un piémont d'accumulation ne peut pas être homogène.

Dans les cônes de déjection, à limites géomorphologiques définies, des précautions sont à prendre au moment des pompages, surtout en période de crue, une crue subite apporte un volume d'eau qui peut être considérable.

3.2. - VALEURS LOCALES DES CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES.

Pour mettre en exploitation les idées théoriques définies ci-dessus, il faut de nombreuses valeurs de T et S.

A l'aide d'essais personnels, ou recueillis dans des études précédentes (102) ou dans des régions voisines, nous avons pu établir par recoupement quelques valeurs approximatives, qui sont suffisamment proches de la réalité pour pouvoir se livrer à des calculs préliminaires sur l'évolution des potentiels. Nous avons récapitulé dans le tableau X les différents types de terrains rencontrés dans la région de Téhéran, ainsi que les caractéristiques hydrodynamiques approximatives qui s'y rapportent.

On peut énoncer une remarque importante ; d'une façon générale, ce sont les formations aquifères les plus épaisses qui ont la

Tableau X - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES APPROXIMATIVES DES
PRINCIPAUX TERRAINS AQUIFERES DE LA REGION DE TEHERAN

NATURE DES TERRAINS AQUIFERES	VALEURS DE T ET S
Limons homogènes, sans graviers, plus ou moins argileux, parfois salés, du Sud	$T = 3.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ $S = 3.10^{-2}$
Limons fins peu argileux, avec des lits de graviers, hors des zones directement alimentées par les crues	$T = 2 \text{ à } 3.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Limons sableux et graveleux (bordures externes des cônes de déjection)	$T = 3 \text{ à } 5.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Cailloutis d'épandage "C" silteux, dans les intercones (piémont)	$T = 5 \text{ à } 7.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Cônes de déjection, légèrement silteux "C" (cône du Kan) anciens	$T = 1 \text{ à } 2.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
Cônes de déjection graveleux "D" actuels	$T = 2 \text{ à } 5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

meilleure perméabilité apparente. Par exemple, les formations détritiques grossières du piémont (cônes de déjection) possèdent les meilleures perméabilités et les aquifères sont très épais. Donc T sera élevée.

Vers l'aval et latéralement, les épaisseurs s'amenuisent et les faciès deviennent de plus en plus fins ; donc T est de plus en plus faible. Cette remarque découle des observations géomorphologiques ; les formations alluviales les plus épaisses et les plus grossières se trouvent au droit des oueds les plus importants. En dehors des zones d'influence des oueds, érosion et sédimentation ont toujours été réduites au cours du Quaternaire. Ceci explique que sur les glacis d'érosion les aquifères sont peu épais et composés d'éléments fins. Suivant ce principe, les répartitions des caractéristiques hydrodynamiques sont plus aisées.

Ces valeurs sont reportées sur une carte (carte des zones d'isotransmissivités) qui tient compte de la répartition des principales zones aquifères (fig. 68).

Il faut toutefois formuler quelques remarques.

Dans les cônes de déjection particulièrement bien alimentés et épais, la transmissivité peut atteindre de fortes valeurs de l'ordre de 10^{-1} m²/s ; ces valeurs ne sont pas étonnantes étant donné la grossièreté des alluvions et les épaisseurs parfois considérables des aquifères (plusieurs centaines de mètres ?). Ces valeurs sont courantes dans le cône du Kan et localement dans la ceinture externe des cônes de déjection, notamment quand il existe une liaison avec des poches d'alluvions anciennes profondes épargnées par l'érosion (synclinal pliocène sous la ville ?).

Nous avons donné des valeurs de T variant de 3 à $5 \cdot 10^{-3}$ m²/s pour les limons sableux situés à l'extérieur de la ceinture des cônes de déjection ; mais ces valeurs ne sont valables que pour les horizons aquifères supérieurs ; comme nous l'avons dit, il existe en profondeur (de l'ordre de 80 m) un autre aquifère avec des eaux en charge. Cet aquifère est constitué par des alluvions grossières. Les transmissivités sont plus fortes ; de l'ordre de 10^{-2} ; le coefficient d'emmagasinement est estimé à 10^{-1} .

Dans la plaine de Kahrizak, les zones les plus favorisées ont des transmissivités de l'ordre de 10^{-3} , avec S voisin de 10^{-4} .



les valeurs exprimées sur cette carte sont approximatives.



fig.68

"PARS OIL FACTORY" (Sud de Téhéran)

Interprétation par la méthode de THEIS d'un essai
réalisé par Sir A. GIBBS (1958) (test n° 2)

fig. 69

"MATCH-POINT" →

$$u = 3 \cdot 10^{-1}$$

$$W(u) = 9 \cdot 10^{-1}$$

$$s = 0,28 \text{ m}$$

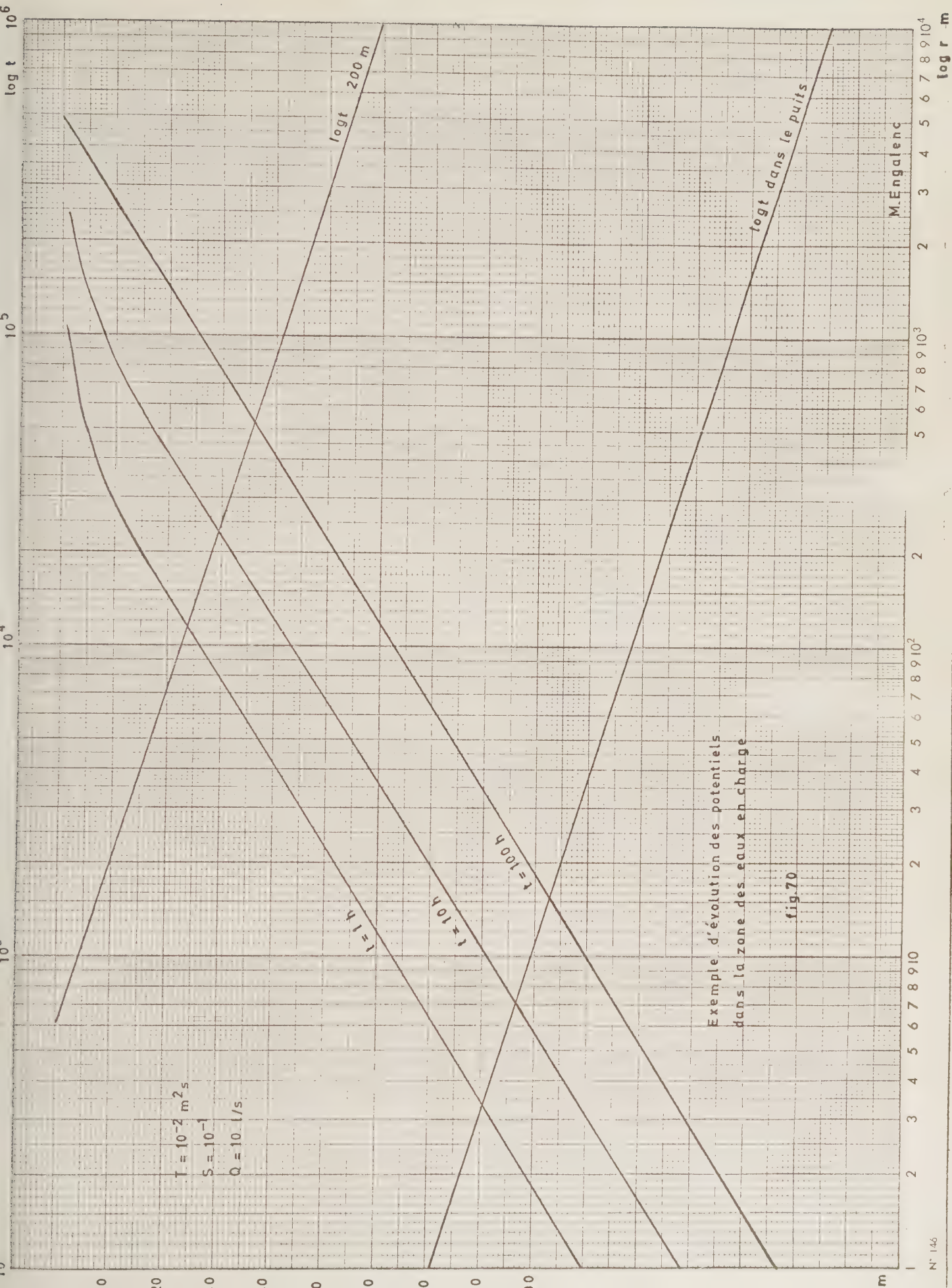
$$r = 110 \text{ m}$$

$$t = 1,7 \cdot 10^5 \text{ sec}$$

$$Q = 137 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u) = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = \frac{4 T t}{r^2} u = 0,15$$



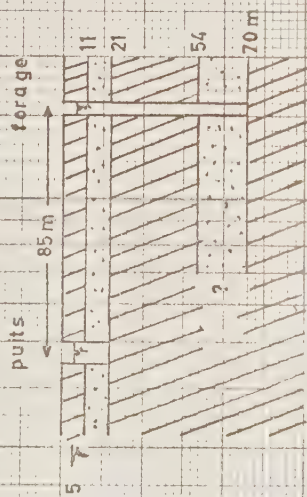
Exemple d'évolution des potentiels
dans la zone des eaux en charge

fig.70

Fig.71 ESSAIS DE POMPAGE PLAINE DE KAHRIZAK

II Essais du 14-3-65

III " " 19 "



$10^2 \log \frac{t}{t'}$

10

1

II remontée puits pompé
 $Q = 99,6 \text{ m}^3/\text{h}$
 $T = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
 $S = 10^{-4}$

III descente puits pompé
 III descente forage pompe
 III descente forage (piezo)
 III descente puits (piezo)

M.Engelenc

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

3.3 - INTERPRETATION DE QUELQUES ESSAIS DE POMPAGE.

3.3.1 - Pompage dans la zone externe des cônes de déjection (aquifère en charge).

L'application de la méthode de THEIS ($\log s / \log \frac{r^2}{t}$) sur un essai de pompage réalisé par Sir A. GIBBS (124) a donné de bons résultats (fig. 69). Nous avons représenté l'état du cône de dépression en un moment donné (48 h) ; les mesures relevées dans deux piézomètres et dans le puits ont permis de tracer une courbe qui livre des valeurs de T et de S, caractéristiques des aquifères de la ceinture externe des cônes de déjection et de la zone en charge. A partir de ces valeurs, nous avons estimé l'évolution des potentiels dans l'espace (courbes $s / \log r$) et dans le temps ($s / \log t$) (fig. 70). Ces courbes permettent d'avoir une idée sur l'état de la surface des eaux souterraines en un point de l'aquifère ou à un moment donné pour un débit de pompage de 10 l/s. Nous rappelons que le rabattement est proportionnel au débit. La courbe d'évolution des potentiels dans le temps à 200 m est donnée à titre indicatif pour connaître l'influence d'un pompage sur un ghanat (limite imposée par la loi Coranique). Avec de telles caractéristiques, la distance de 200 m est atteinte en 10 minutes.

3.3.2 - Essais dans la plaine de Kahrizak.

La fig. 71 montre des essais de pompage réalisés dans la plaine de Kahrizak (1).

Un puits peu profond et un forage profond ont servi à tour de rôle de puits pompé et de piézomètre. Trois doubles essais ont été ainsi pratiqués.

(1) Nous formulons ici nos remerciements amicaux les plus vifs à Monsieur L. GEMAYEL qui nous a permis cette série d'essais.

Marchant comme puits pompé ou comme puits d'observation, chaque puits réagit de la même façon ; le puits peu profond n'atteint que l'aquifère superficiel alors que le forage traverse un horizon aquifère profond en charge, ce qui lui permet d'avoir de meilleures caractéristiques que le puits superficiel. La grande diffusivité ($T/S = 30$) explique que le piézomètre réagisse quasi immédiatement (écartement 80 m).

La fig. 72 exprime l'évolution des potentiels pour un débit de 10 l/s avec de telles caractéristiques. La grande diffusivité permet de couvrir la distance de 200 m en 7 minutes. Nous verrons le danger que cela représente pour les ghanats de la plaine de Kahrizak.

3.3.3 - Essais dans le glacis principal du piémont.

La fig. 73 montre l'influence d'un mauvais crépinage sur l'exploitation d'un puits à plusieurs débits. Par contre, la courbe de la remontée (fig. 74), donne une bonne valeur de $T.(1)$.

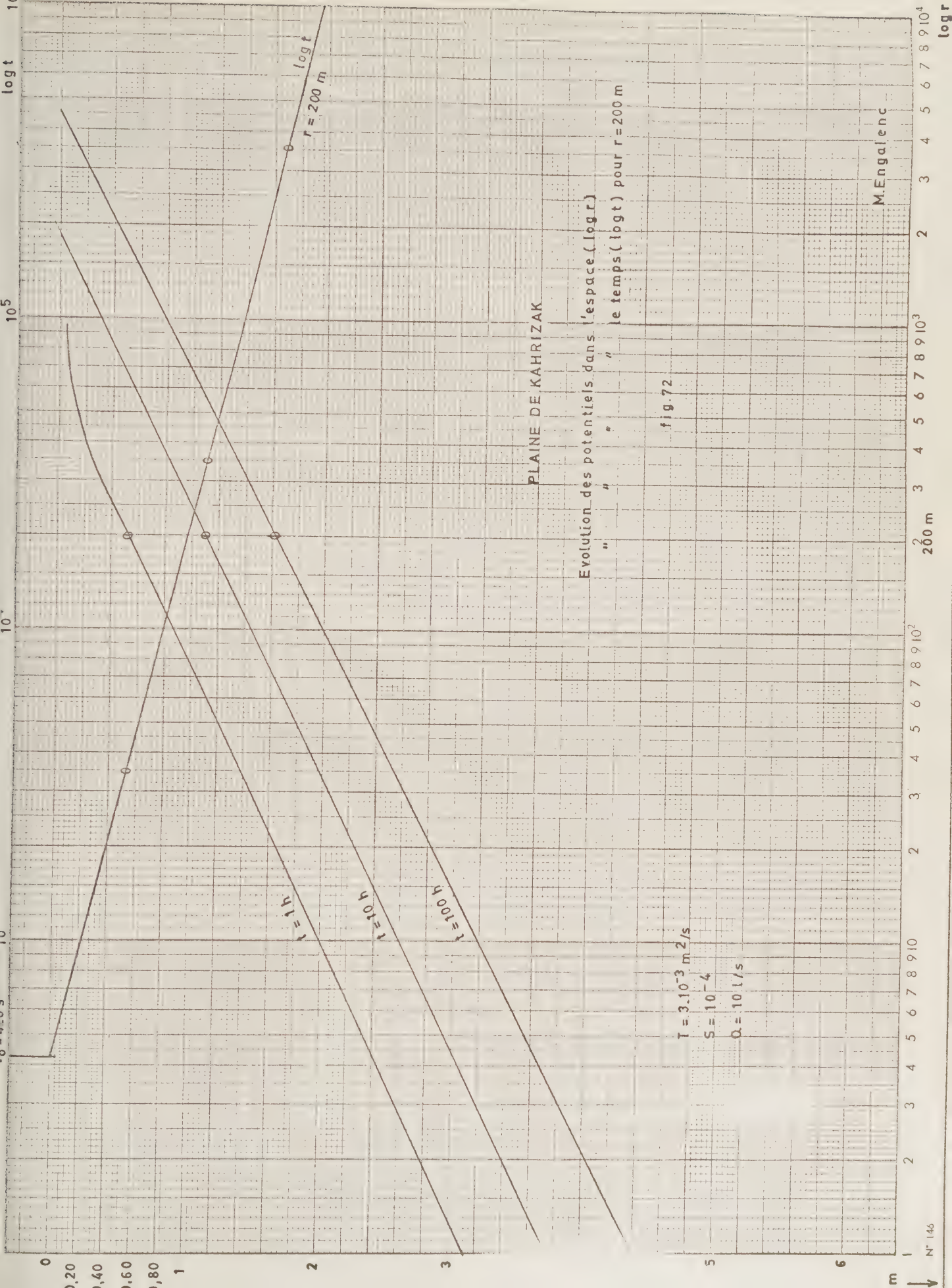
3.3.4 - Essais près d'un accident.

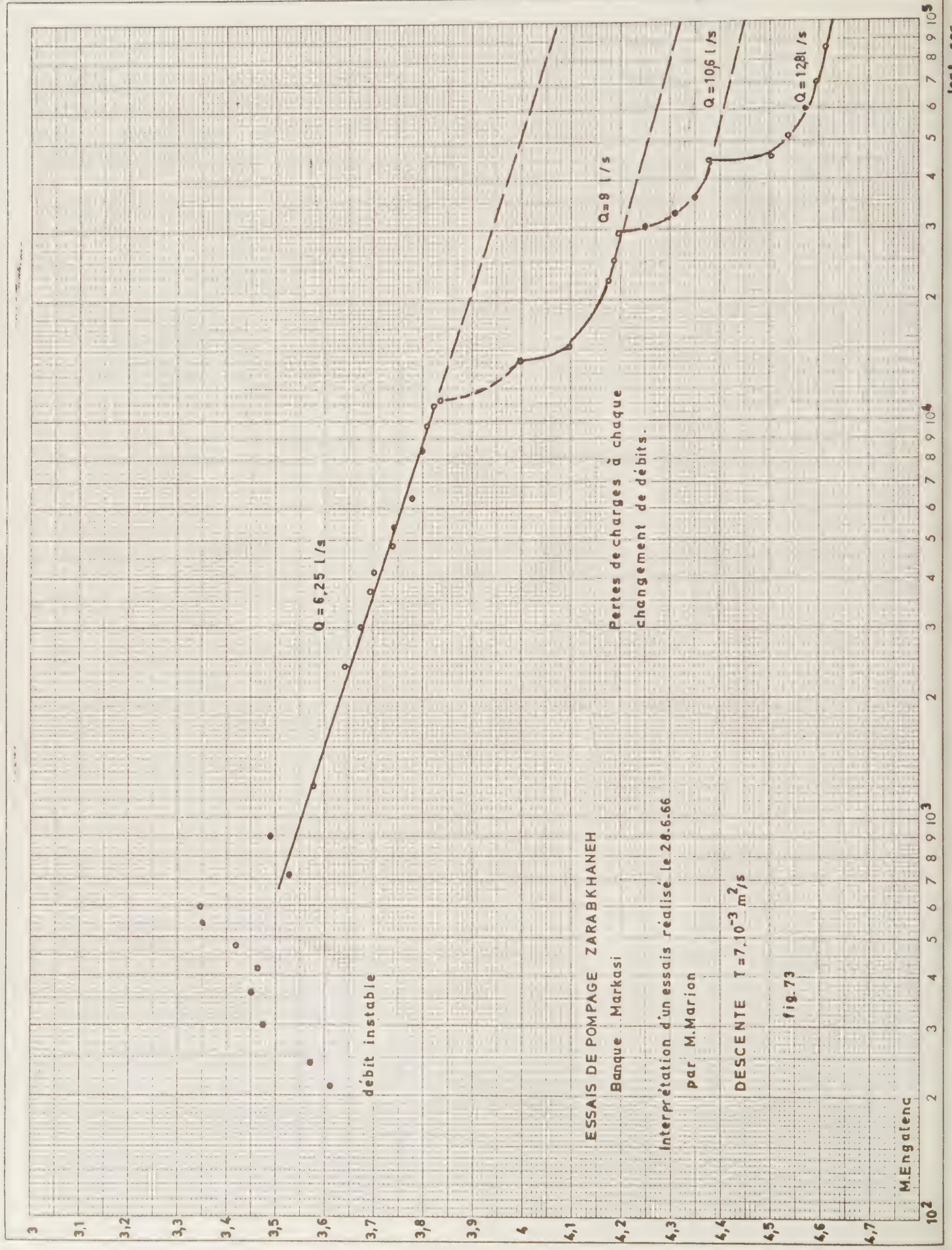
L'analyse d'un essai réalisé dans la zone affaissée d'Ozgol (124) permet des remarques importantes (fig. 75).

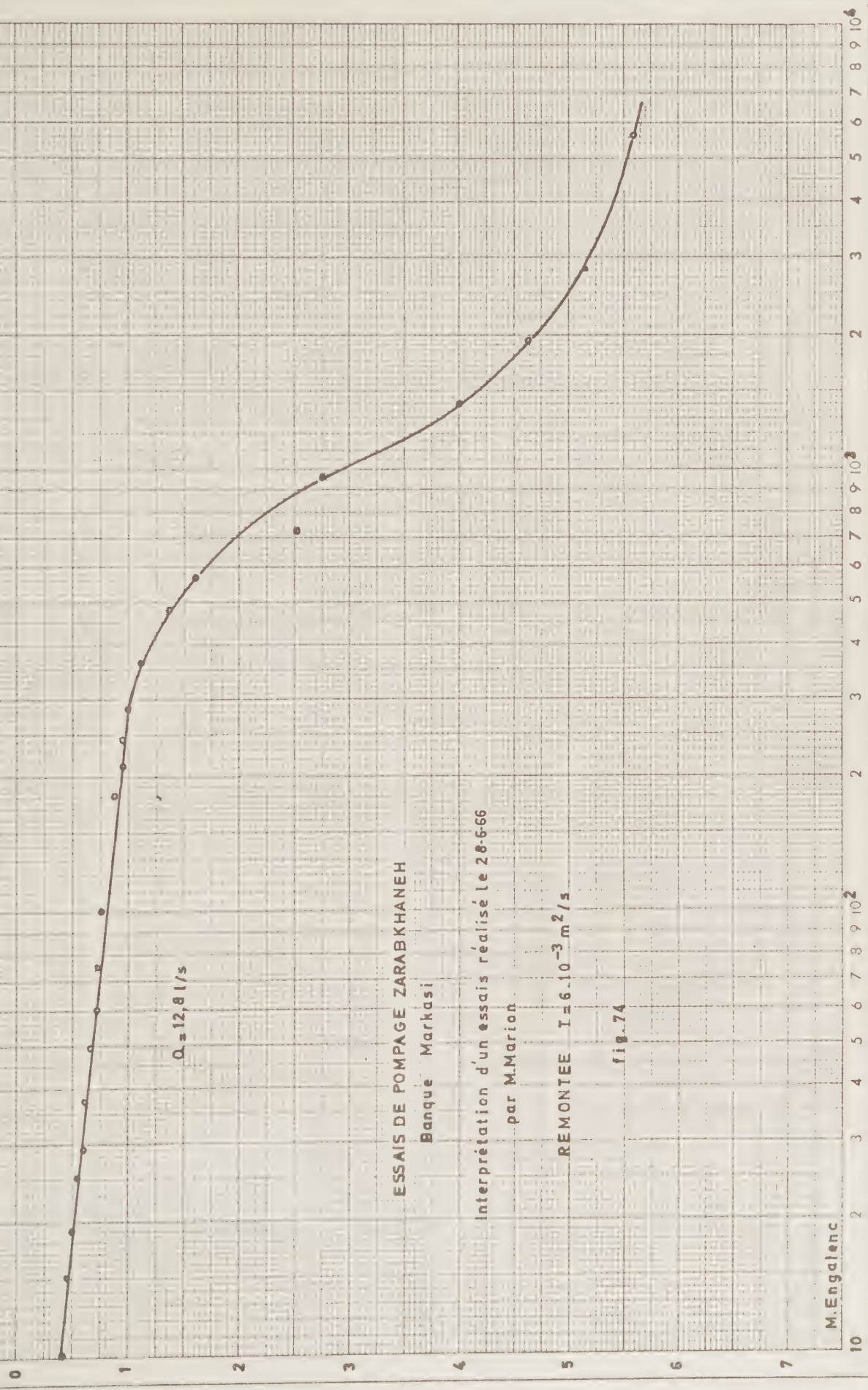
La courbe semi-log représente une nette cassure (vers $2,8.10^{-4}$ sec). Les valeurs des caractéristiques données dans le rapport de 1958 ont été calculées sur la portion de courbe redressée. Cette cassure au bout de 7 heures de pompage n'est pas normale et décèle la présence d'une anomalie à comportement imperméable, qui provoque une nette accentuation des rabattements.

En effet, la géologie laisse supposer que la grande faille de l'Elbourz se continue le long des alignements de Shyan Lavesan. Les mesures ont été effectuées dans un piézomètre distant de quelques dizaines de mètres de la faille présumée. Ainsi,

(1) Nous remercions Monsieur MARION d'avoir eu l'amabilité de nous communiquer les relevés de cet essai.







ESSAIS DE POMPAGE ZARABKHANEH

Banque Markasi

Interprétation d'un essai réalisé le 28-6-66
par M. Marion

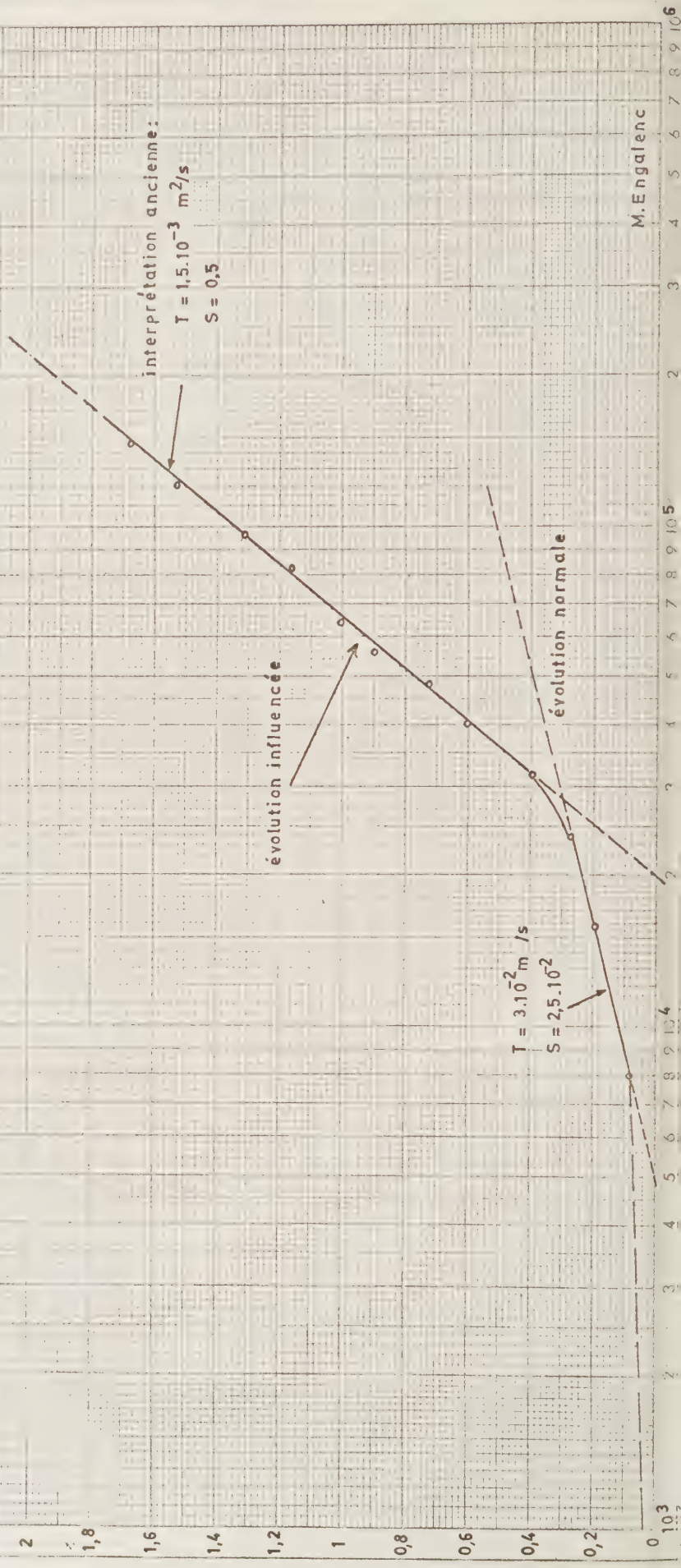
REMONTÉE $I = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

fig. 74

ESSAIS DE POMPAGE ZONE AFFAISSEE D'OZGOL

Interprétation nouvelle d'un essai réalisé par Sir A. Gibbs (1958)
 Evolution des potentiels dans un piézomètre situé à 12 m d'un
 puits pompé à 57,5 m³/h et à proximité d'un écran (faille)

fig.75



les valeurs de T et de S exprimées en 1958 ont été déterminées sur la portion de courbe influencée par l'écran à comportement imperméable. Ce ne sont donc pas les caractéristiques réelles de l'aquifère. Les vraies valeurs calculées sur des temps de pompage plus courts sont plus optimistes.

Nous avons là un bon exemple de l'influence néfaste des conditions aux limites dans le piémont.

3.4 - COMMENT INTERPRETER LES VALEURS DES CARACTERISTIQUES.

En somme, dans le piémont de Téhéran, les valeurs des caractéristiques des aquifères sont particulièrement élevées, ce qui laisse supposer de grandes réserves en eaux souterraines.

Mais on aurait tort de rester sur un tel optimisme qui ne correspond d'ailleurs pas avec les conclusions précédemment formulées. Dans la ceinture des cônes de déjection, et dans la zone des eaux en charge, de réelles possibilités existent étant donné l'épaisseur des aquifères. Mais il ne faut pas perdre de vue que la réalimentation actuelle est limitée. Ce sont des stocks d'eau contenus dans des masses alluviales récentes (dernier grand Pluvial d'âge "C"). Par extension, il est fort possible qu'une certaine partie des eaux souterraines exploitées dans le 2ème glacis (alluvions "C") soit un reliquat des eaux emmagasinées au cours du dernier grand pluvial. Ainsi, d'après nos hypothèses géomorphologiques, le stock d'eaux souterraines le plus important se serait constitué à une époque récente, certainement le Würm. Les eaux plus anciennes ont été drainées depuis très longtemps, au cours des grandes phases de creusement (en particulier au cours de la phase majeure de creusement post- "B"). Certaines eaux anciennes peuvent toutefois être trouvées dans les poches profondes situées sous les surfaces d'érosion les plus anciennes.

Ces zones privilégiées sont cependant limitées en volume, la réalimentation dans les conditions climatiques actuelles ne permet pas de compenser les volumes extraits.

Dans le reste du piémont, il faut expliquer la contradiction qui existe entre les fortes valeurs des caractéristiques et notre pessimisme.

Dans l'ensemble, les alluvions contenues dans les dépressions du piémont sont grossières et doivent avoir réellement de fortes perméabilités. Les épaisseurs des terrains saturés sont parfois

très fortes. Par suite, T prend des valeurs élevées exactes dans la mesure où le cône de dépression n'a pas atteint les limites imperméables de l'aquifère. Dans le cas des fosses étroites du piémont, ces limites sont rapidement touchées.

Les longues durées de pompage qui intègrent peu à peu les interférences des puits images les plus éloignés, peuvent amener un certain état d'équilibre entre l'évolution des potentiels dans le puits pompé et l'influence des limites. La courbe représentative du pompage accuse une aggravation des rabattements, et donne au cours de la résolution graphique de nouvelles valeurs des caractéristiques qui correspondent mieux en quelque sorte aux nouvelles conditions d'évolution de la surface des eaux dans l'aquifère.

En conclusion, dans les fosses étroites du piémont, les vraies valeurs de T (produit d'une perméabilité et d'une épaisseur) traduisent mal les possibilités des aquifères.

3.5 - EXEMPLES D'EVOLUTION DES POTENTIELS DANS DES CAS PARTICULIERS.

Dans les lignes qui suivent, nous attirons l'attention sur la complexité de l'évolution des potentiels dans des régions à condition aux limites finies.

3.5.1 - Exemple d'une zone aquifère limitée par des écrans à comportement imperméable. (Fig. 76)

Analysons le cas de la dépression de Mahmoudieh, au Nord de l'alignement du Hilton.

- Description de l'aquifère.

C'est une dépression tectonique, allongée d'Ouest en Est, certainement limitée au Nord et au Sud par deux plans de faille. Au Sud, c'est la faille de l'anticlinal du Hilton verticale, qui fait remonter le substratum en forme de gradin. Ce gradin et la faille sont enfouis sous des alluvions récentes. Les plans de ces deux failles se recoupent à l'Ouest au niveau de Evin, formant un angle dièdre de 15° environ.

Le fond de la fosse (tufs, roches de l'Elbourz) pourrait se trouver entre 175 et 200 m de profondeur ; mais, le fond est irrégulier et peut comporter un accident supplémentaire de rejet assez faible (25 m ?). Le gradin Nord serait décalé d'environ 125 m par rapport au fond de la fosse et recouvert par une cinquantaine de mètres d'alluvions récentes et modernes.

La partie supérieure de ces alluvions est constituée par des épandages détritiques en liaison plus ou moins directe avec des cônes de déjection mineurs du flanc Sud du Tauchal. Donc une alimentation par le Nord est possible, quoique certainement réduite.

L'écran Sud est considéré comme pratiquement étanche (plan de faille, et pendages très redressés).

Il ne semble pas y avoir d'apports depuis l'Ouest (seuil d'alluvions anciennes entre Evin et Mahmoudieh). Il faut rechercher les exutoires normaux vers l'Est.

- Le problème posé.

Le niveau statique se trouvant vers 55 m, la surface des eaux souterraines doit être en contact avec la faille amont. Donc, l'aquifère lui-même est limité (largeur maximum : 600 m). Au Nord de l'Hôtel Hilton, il existe 4 à 5 stations de pompage. Les rabattements atteignent plus de 20 m. Les débits initiaux de 30 l/s sont tombés à 10 l/s. Le village de Mahmoudieh, la centrale électrique, l'Hôtel, le Parc d'Exposition, les villas ... ont des besoins en eaux considérables.

Les débits prometteurs ne répondent plus à la demande. Que se passe-t-il ?

- Analyse du phénomène.

L'emplacement considéré (au Nord du Hilton) se situe à 2000 m de l'intersection des deux plans de faille (angle dièdre : 15°). La fig. 77 schématise le plan de situation.

Analysons ce qui se passe pour un seul puits (celui de la centrale par exemple).

Si on applique la théorie des images et le principe de superposition, on aboutit à la figure 77 qui est construite par symétrie par rapport aux plans de faille. Le nombre n de puits images est donné

par la formule simple $n = \frac{360}{a} - 1$, a est l'angle dièdre des plans de faille (118).

Il y a donc 23 puits images et un puits réel, soit 24 puits au total qui pompent simultanément quand le pompage se met en marche. Tous ces puits sont disposés sur un même cercle centré au point d'intersection des plans de faille et de rayon L égal à 2000 m. Quand on pompe dans le puits p_a les effets de tous les puits images s'interfèrent successivement et aggravent le rabattement dans le puits pompé. Tous les puits images ont le même signe (pompage) et le même débit ($-Q$). Seules, les distances d'influence varient.

Les distances r du puits réel à chaque puits image sont données par les formules (1) :

$$r/n \text{ pair} = 2 R \sin \frac{n}{2} a$$

$$r/n \text{ impair} = 2 R \sin \left(\frac{n-1}{2} a + b \right)$$

r = distance du puits image d'ordre n au puits réel,

R = distance du puits pompé au centre du cercle,

a = angle dièdre,

b = angle $Pa - E$ voir F_2 (voir fig. 77).

Ces formules sont valables pour $\frac{n}{2} a$ et $\left(\frac{n-1}{2} a + b \right)$ inférieures à 180° .

Au delà de 180° , on prendra l'angle complémentaire à 360° . On suit le sens trigonométrique ; c'est-à-dire que le premier puits image se trouve immédiatement après le puits réel quand on va dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

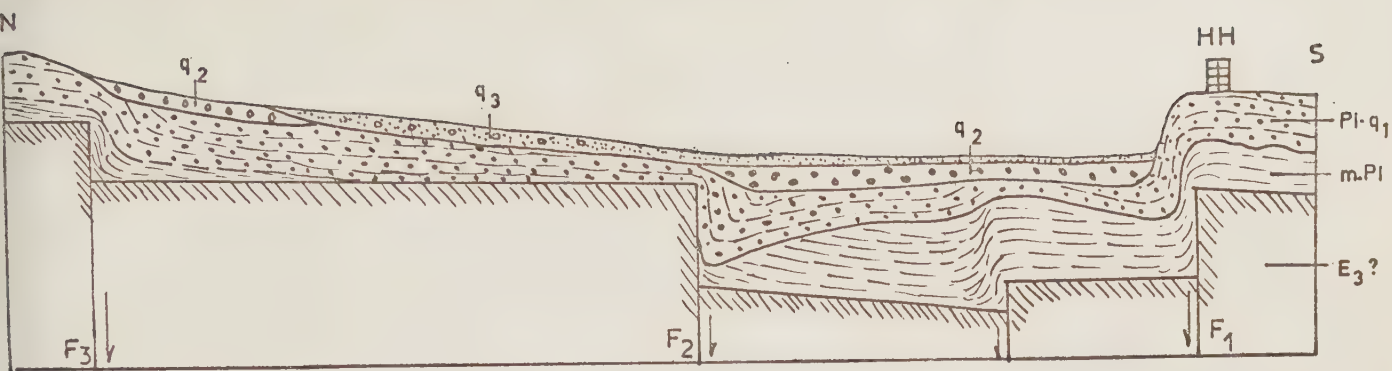
Ces formules se simplifient lorsque le puits réel se trouve sur la bissectrice de l'angle dièdre.

$$r = 2 R \sin \frac{na}{2}$$

Par suite, pour connaître la valeur de l'influence d'un puits image, la formule de JACOB s'écrit :

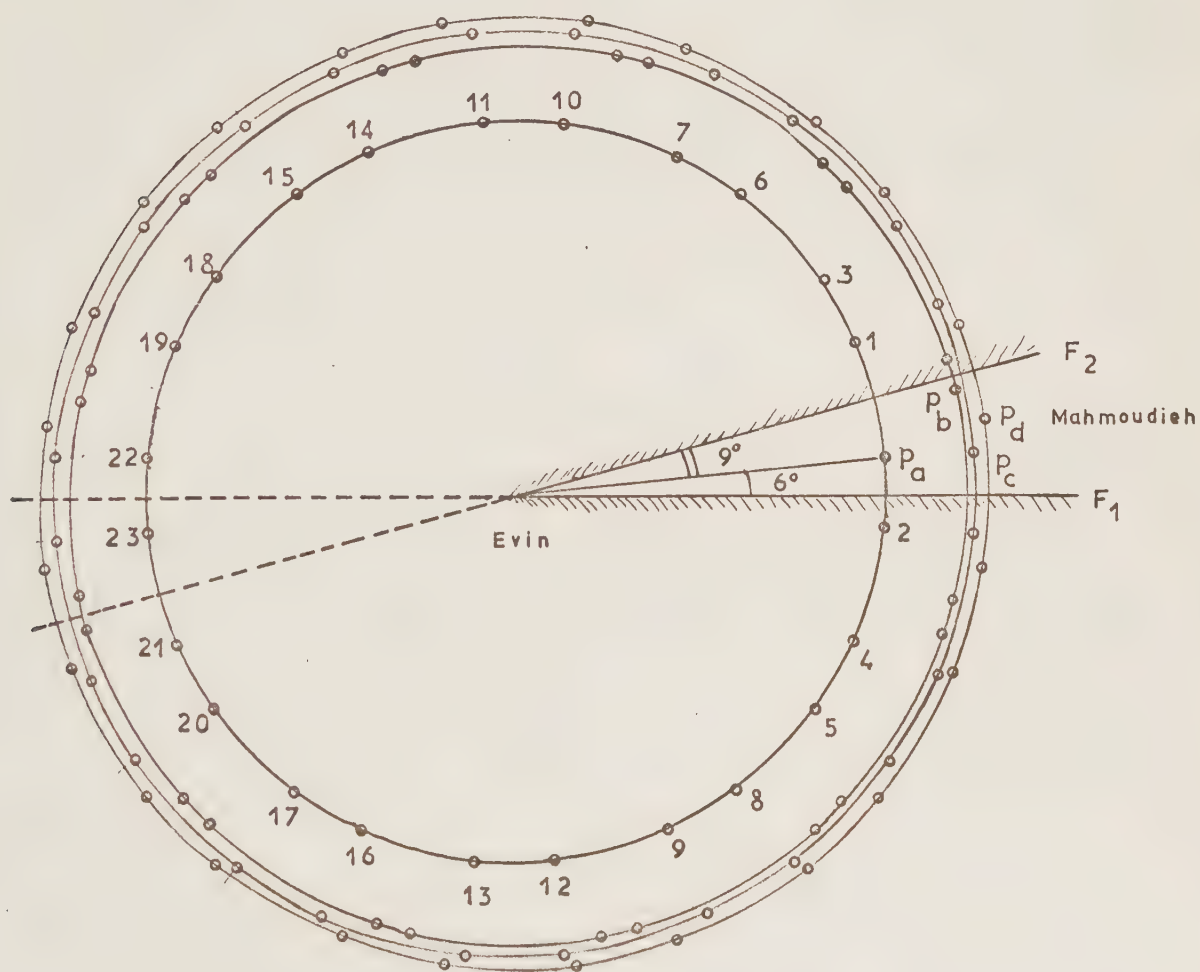
$$s = \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{2,25 T t}{S} - 2 \log \left(2 R \sin \frac{na}{2} \right)$$

(1) Nous remercions Monsieur H. LAURENT qui a participé à l'établissement de ces formules.



1
10.000

fig.76 .Coupe interprétative de la dépression de Mahmoudieh



1
40.000

fig.77 Schéma de situation des puits et de leurs images.

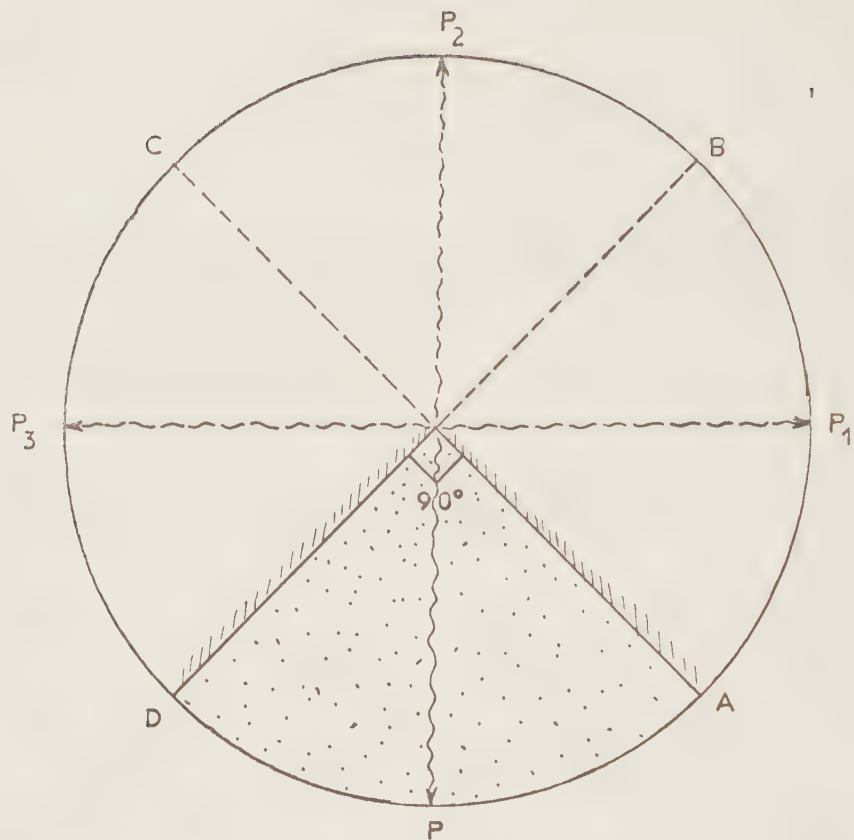


fig.78

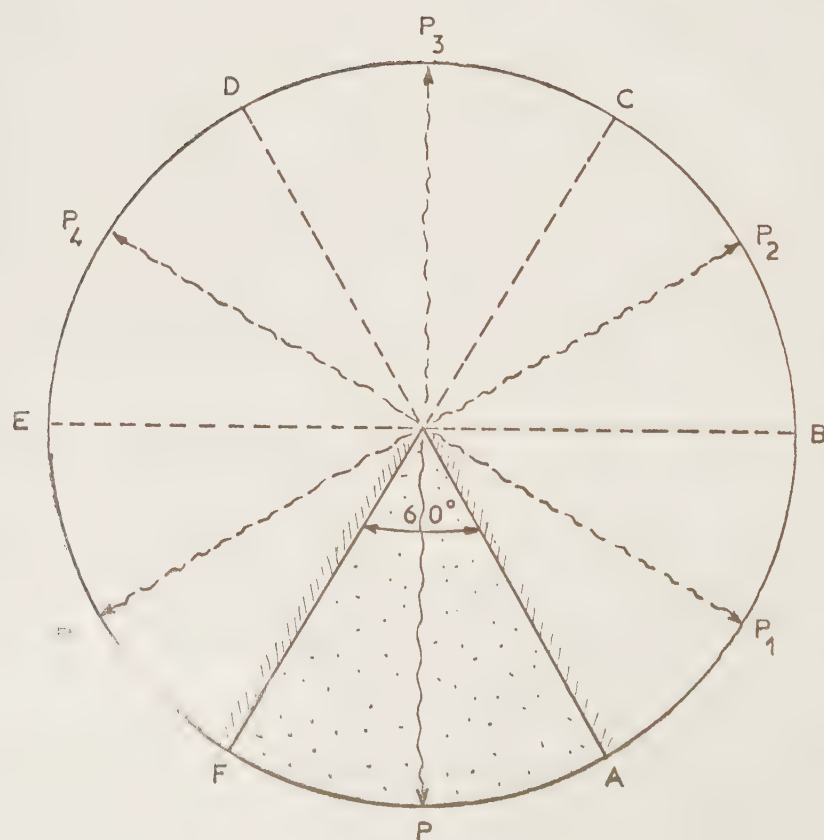


fig.79

(Unités de base en m et s).

Dans le cas de Mahmoudieh, si les quatre stations de pompage marchent en même temps, le niveau dans un de ces puits sera influencé par les trois autres forages plus tous leurs puits images, soit au total par 95 puits. Ces considérations expliquent facilement la chute des niveaux dans les puits de Mahmoudieh.

Pour avoir une idée de l'influence des puits images, nous dirons qu'au bout de 10 h de pompage, dans Pa, abstraction faite du programme de longue durée, le puits image le plus éloigné (4000 m) (Pa 12) a une influence de 6 mm pour un débit de 10 l/s, soit 18 mm pour les débits normaux (30 l/s). Si tous les puits marchent avec ce dernier débit, au bout de 10 h de pompage, le rabattement dans Pa est d'environ 15 m. Nous sommes loin des rabattements observés (près de 20 m) ; mais le temps de pompage considéré est court par rapport aux temps réels et nous avons négligé le rabattement résiduel ; de plus, des pertes de charges sont très possibles étant donné le mauvais crépinage habituel. Enfin, les valeurs des caractéristiques sont approximatives.

3.5.2 - Zones d'Ozgol, de Davoudieh.

Pour la zone affaissée d'Ozgol, l'angle dièdre des plans des failles (supposées) est de 30° ; pour un puits pompant dans cette zone, le nombre d'images se réduit à 12. Par contre, dans cette zone, le nombre de puits en exploitation est élevé. On doit aboutir à des conditions difficilement interprétables. Les rabattements résiduels qui se cumulent d'une année à l'autre suffisent à expliquer le dénoyage de nombreux puits à Chémiran. Le surcreusement de ces puits, en permettant des rabattements plus forts ne fait qu'amplifier l'évolution.

Mais, il faut vérifier la vraie influence des conditions aux limites (écrans étanches ou partiellement étanches ?) par des essais de pompage de longues durées.

Dans ces zones, qui ne sont pas l'exception dans le piémont de Téhéran, il est facile de dire que le programme de pompage actuel, même s'il est mal connu, dépasse les possibilités des aquifères. Donc, des prévisions à longue échéance ne peuvent porter que sur une limitation des pompages. Chaque fois qu'un individu creuse un puits, c'est en réalité 10,20 captages ou plus qu'il pratique.

Pour la dépression de Davoudieh-Golak, le problème est simple ; chaque puits n'a apparemment qu'une seule image par rapport à la faille (supposée) qui limite au Nord, l'anticlinal d'Abbassabad.

3.5.3 - Problèmes de la ville de Téhéran.

La couverture d'alluvions récentes et modernes cache la présence d'écran. A priori, nous n'en soupçonnons pas. L'aquifère est composé de matériaux perméables (cônes de déjection tout au moins dans la moitié Nord); il est alimenté assez régulièrement par les crues.

Il y a environ 150 à 200 forages dans la ville. Leur exploitation, secondaire depuis la distribution de l'eau de Karadj, porte sur un volume estimé à 62 millions de m³/an.

Le volume "importé" depuis la rivière Karadj est d'environ 55 à 60 millions de m³.

Ces chiffres montrent que les apports sont supérieurs aux volumes extraits. Nous ne connaissons pas les volumes infiltrés, mais ils sont certainement importants ; il n'y a pas d'égouts à Téhéran. L'alimentation des eaux usées se fait par des puits perdus. Chaque maison possède 1 à 3 puits perdus ou plus.

La carte piézométrique décèle une cloche sous la ville ; cette anomalie, nous l'avons vue, est due en partie aux infiltrations à partir des surfaces bâties.

En somme, nous ne pensons pas, au point de vue volumes pompés, qu'il faille s'alarmer. Par contre, une pollution prononcée est à craindre. La reconstitution de l'évolution des potentiels des eaux souterraines sous la ville, se heurte à l'insuffisance de la connaissance des conditions d'exploitation et à l'ancienneté de la mise en oeuvre des forages (14 ans).

3.5.4 - Etude théorique d'un cône de déjection.

Dans un cône de déjection emboîté dans des formations anciennes peu ou très peu perméables (limons argileux ou marnes du Miocène) des effets d'écrans sont possibles surtout si l'on se souvient que les surfaces de séparation sont redressées en zone aride. Au cours d'une crue subite, la plus grande partie des volumes ruisselés, s'in-

filtre à la surface des cônes de déjection qui se comporte comme du "papier buvard".

De grandes quantités d'eau envahissent la masse alluviale du cône ; l'onde déclenchée par cette invasion se propage vers les limites extérieures du cône et se réfléchit sur les surfaces de séparation.

Le nombre d'images "injectant" peut être défini par la formule : $\frac{360}{n} - 1$, n étant l'angle de l'apex du cône (fig. 78 et 79).

Cet angle semble compris entre 60 et 90° dans la région de Téhéran. Donc le nombre d'images injectant peut varier de 5 à 3. En fait, l'injection n'est pas ponctuelle, mais linéaire. Elle correspond à la longueur du lit de l'oued suivant laquelle se fait l'infiltration. Le faible nombre d'images est compensé par l'importance des volumes injectés et par la grande longueur de l'injection. Des variations positives de niveaux s'ajoutent, et on assiste à une remontée rapide des eaux souterraines. Ceci explique les grandes amplitudes piézométriques (6 à 8 m peut être 10 m). Le débit diminuant rapidement de l'amont vers l'aval, et les effets d'écrans se faisant sentir plus vite à l'amont qu'à l'aval, les plus grandes variations d'amplitudes seront enregistrées dans la partie supérieure du cône.

A la verticale de l'oued, il se produit une "cloche" ou plutôt un "dos de baleine" qui déforme la surface piézométrique. Après la crue, cette cloche s'affaisse et les eaux se répartissent dans toute la masse alluviale du cône.

Dans les cônes de déjection de la région de Téhéran, les oueds ne drainent jamais. Ils alimentent au moment de la saison froide. Puis, faute d'écoulements, ils ne jouent aucun rôle pendant la saison sèche. Dans le cône du Kan, par exemple, le fond de l'oued est à 30 m de la surface du cône ; les eaux souterraines sont à des profondeurs très grandes (60 à plus de 100 m). Donc un drainage des eaux souterraines par les oueds est impossible dans les cônes.

3.3.5 - La source de Tchechmeh-Ali.

Cette source est située au Nord-Est de Char Rey, à l'extrémité Ouest des reliefs du Bibicharbanou.

Elle est certainement à l'origine de la ville de Raghès. L'émergence est localisée à ras du sol, au pied d'un affleurement de

calcaires dolomitiques du Crétacé, dont les couches sont redressées à la verticale. Il est probable qu'un accident par faille soit à l'origine de ces forts pendages.

Cette arête rocheuse en forme de promontoire, barre la rivière sèche en surface qui descend du Nord, le long du piémont du Sépayeh. Le sous écoulement de cette rivière peut être périodiquement élevé, car le piémont est vaste. Cette rivière peut aussi drainer une partie des eaux de la plaine de Téhéran. En profondeur, la barre rocheuse très fissurée et faillée peut drainer les formations alluviales qui se sont déposées derrière elle.

De plus, la source est située sur la dénivellée du glacis ancien de Rey ; la rupture de pente topographique et la surface d'érosion qui a décapé les formations récentes, favorisent des émergences en portant à l'affleurement, les terrains aquifères.

L'esquisse piézométrique (fig. 66) et la carte des profondeurs des eaux (fig. 67) montrent clairement que la falaise de Rey produit un seuil dans l'écoulement souterrain. Ce seuil est matérialisé par une chute brusque des potentiels au niveau de la falaise.

CONCLUSIONS SUR LES CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DES AQUIFERES.

La grande complexité de la répartition des masses alluviales susceptibles de contenir des eaux souterraines, les accidents tectoniques et les discontinuités d'ordre géomorphologique, introduisent de multiples difficultés, lorsque l'on veut connaître l'évolution des potentiels des eaux souterraines.

Dans certaines zones très complexes, à condition d'exploitations très poussées, il faudra certainement renoncer à analyser l'état des eaux souterraines.

* *

*

4. - PHYSICO-CHIMIE DES EAUX SOUTERRAINES.

4.1 - INTRODUCTION.

Durant le printemps de l'année 1964, nous avons prélevé 200 échantillons d'eau qui furent analysés dans les laboratoires de l'Office des Eaux de Téhéran.

Les prélèvements ont été effectués dans les meilleures conditions possibles : sur des pompages marchant depuis un temps suffisant, dans les puits mère des ghanats ayant un écoulement, aux sources ayant un certain écoulement.

Une analyse reflète donc la composition moyenne des eaux des aquifères traversés par le forage. Ceci peut entraîner des erreurs, car tous les puits n'ont pas la même profondeur et ne captent pas les mêmes horizons aquifères. Mais, les anomalies ponctuelles sont en général décelées au cours du tracé des cartes.

Des caractères généraux se retrouvent d'une façon constante dans les différentes cartes. Chaque composant de même nature a fait l'objet d'une carte, ainsi que certains rapports caractéristiques.

Un schéma hydrogéochimique au 1/100.000 est joint à cette étude (carte hors texte).

Dans le piémont, le tracé des courbes tient compte des conditions de milieu reconnus précédemment.

Les analyses physico-chimiques elles-mêmes ont été effectuées dans des laboratoires modernes bien équipés, par un personnel sérieux et expérimenté (1).

Cette étude physico-chimique à deux buts :

- aider à la compréhension de l'hydrogéologie de la région de Téhéran,
- a étudié les propriétés physiques et chimiques des eaux souterraines.

(1) Nous renouvelons ici nos remerciements à son Excellence Monsieur ROUHANI, Ministère de l'Eau et de l'Electricité, alors Directeur de l'Office des Eaux de Téhéran, à Monsieur DILMARANI l'actuel Directeur, à Monsieur FOUTOUHI, Directeur du Laboratoire d'analyses, et aux laboratins qui ont eu ce travail en surcharge.

4.2 - INTERPRETATION HYDROGEOLOGIQUE DES CARTES PHYSICO-CHIMIQUES.

Des constances décelables sur toutes les cartes reflètent des caractères généraux déjà mis en évidence dans l'étude des aquifères et de leurs caractéristiques hydrodynamiques. Elles dépendent étroitement des conditions géologiques et géomorphologiques, des zones d'alimentation et d'évaporation et des directions d'écoulement (68). Nous allons d'abord voir ces caractères constants, puis nous analyserons les particularités de chaque carte.

4.2.1 - Caractères généraux.

Sur toutes les cartes, une grande tache à "eaux douces" met en évidence la zone directement influencée par les eaux de la rivière Kan. Il en est de même de la ceinture de cônes de déjection, à la base du piémont de Téhéran. Dans le Sud, autour des reliefs volcaniques, les fortes salinités indiquent les zones d'évaporation.

Entre ces deux zones, la salinité est fonction non seulement de la zonalité (accroissement des salinités de l'amont vers l'aval), mais aussi de conditions locales : présence de reliefs d'âge plus ancien (piémont), de la ville, de glacis de terrains anciens sub-affleurants (Entre Rey et Kahrizak), influence de bordure du massif du Sépayeh.

- Le cône de déjection du Kan.

Il apparaît comme une masse alluviale bien définie, contenant des eaux toujours douces. Il représente la zone d'alimentation la plus importante de la région.

La répartition de ces eaux douces montre que les eaux du Kan pénètrent loin vers le Sud-Est dans les zones ordinairement salées.

Cette avancée des eaux douces dans une région pauvre en écoulement de surface semble confirmer la coexistence souvent nette de terrains différents séparés par des surfaces d'érosion.

Les eaux douces sont contenues dans des aquifères graveleux offrant de bonnes possibilités d'exploitation, souvent en charge sous la couverture limoneuse, et correspondant au remblayage alluvial plus ou moins grossier, d'une ancienne

vallée de la rivière Kan (surface d'érosion anté-"C"). Cette ancienne vallée pourrait avoir des limites assez nettes ; les bordures sont représentées par les troisième et quatrième glacis (de Kahrizak et de Rey) limoneux et à substratum d'appartenance Miocène ou Pliocène. La limite de séparation approximative de ces deux types d'aquifères correspond avec l'effacement des falaises de Rey et de Kahrizak (vers l'Ouest).

- La zone des glacis anciens.

La zone d'anciens glacis est soulignée par des salinités plus élevées et par des faciès chimiques différents.

La remontée de la salinité depuis le Sud, en direction de la ville, est dûe en partie à la faible profondeur de ces glacis limono-argileux, épargnés par l'absence de cours d'eau actifs.

- Anomalies du Piémont.

Dans le Piémont, la complexité géologique et la superposition des glacis se traduisent par de nombreuses anomalies chimiques. Dans l'ensemble, la salinité croît avec l'ancienneté des terrains, c'est-à-dire, très souvent avec l'éloignement des zones d'alimentation. Les sinuosités des tâches d'eaux douces sont dûes à leur appartenance au 2ème glacis. Les reliefs s'isolent par leurs salinités plus élevées.

Les cartes de salinité mettent donc en évidence ce que nous avons observé auparavant : l'individualisation de chenaux d'écoulement dans le piémont (2ème glacis).

Les glacis supérieurs qui longent le pied de l'Elbourz, hors des épandages des crues, ont des salinités plus fortes que les terrains en contrebas.

La chimie confirme encore l'absence d'alimentation depuis le Sépayeh, dans la région de Téhéran Pars - Schork-Hézar. Par contre, ces reliefs sont à l'origine de grandes anomalies de faciès visibles sur leur bordure Ouest (Est de la ville). Ceci confirme des apports d'eau depuis le Sépayeh, par l'intermédiaire du piémont de Qasr-Firouzeh et de Mesgarabad. D'autres faciès chimiques anormaux soulignent les apports depuis les monts de Mesgarabad, Lipazanak ... vers le Sud (seuil de Varamine).

- Autour des reliefs volcaniques du Sud.

Dans le Sud, autour des reliefs volcaniques, les fortes salinités traduisent la faible profondeur de la surface des eaux, l'évaporation est très active.

- Anomalies locales.

Dans la région de Talo-Bala, les faciès anormaux et les fortes salinités sont dûes à l'affleurement de terrains miocènes.

Au Nord de la ville, les cônes de déjection apportent de l'eau douce. La ville elle-même permet des injections d'eau douce (eau de Karadj) et des eaux résiduelles fortement chargées en sels. Il en résulte une mosaïque de salinités qui demande un plus grand nombre d'analyses et une échelle plus convenable.

4.2.2 - Analyse des cartes physico-chimiques.

- Carte des faciès chimiques (fig. 80).

Les "eaux douces" sont du type bicarbonaté calcique ; elles caractérisent les zones d'alimentation et les zones directement influencées par les eaux provenant de ces zones d'alimentation (cônes de déjection et zones sablo-limoneuses situées à l'aval de ces zones). Les couloirs du piémont, alimentés par les épandages des crues et par le fond des oueds, ont aussi des eaux bicarbonatées calciques.

Les reliefs du piémont, notamment les alluvions "B" possèdent des eaux à faciès bicarbonaté sodique, reflet d'une moins bonne alimentation par les épandages directs des crues. Les alluvions "A" ont certainement, localement d'autres faciès, mais l'absence de points d'eau n'a pas permis les analyses.

Les zones limoneuses de la plaine qui ne sont pas directement sous l'influence des cônes de déjection, ont un faciès bicarbonaté sodique. Ce faciès est celui des glacis anciens recouverts par des limons aquifères. Les zones d'évaporation, sont caractérisées par des eaux chlorurées sodiques.

Des faciès anormaux correspondent aux influences des bordures du massif du Sépayeh. Les eaux sulfatées calciques trahissent la présence des couches gypsifères qui sont sub-affleurantes à

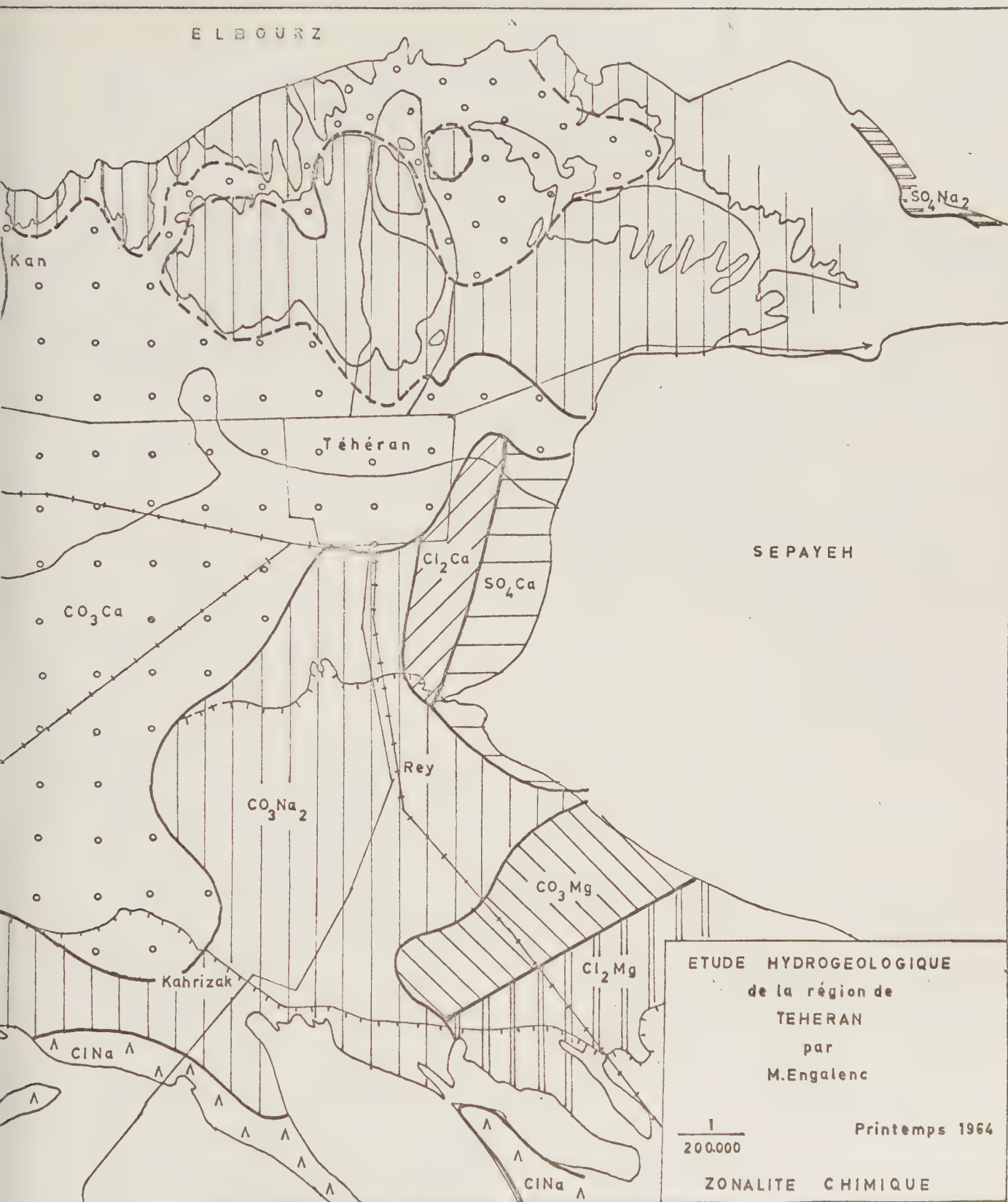


fig.80



ETUDE HYDROGEOLOGIQUE
de la région de
TEHERAN
par
M. ENGALENC

$\frac{1}{200000}$

Printemps 19...

RESIDU SEC (mg/l à 180)



fig. 81

Mesgarabad. De plus, des dépôts argilo-gypsifères remplissent les failles des affleurements anciens de l'Anti-Elbourz.

Les faciès magnésiens du seuil de Varamine sont dûs à la présence des dolomies cambriennes, triasiques et jurassiques de l'Anti-Elbourz. Leur extension montre une alimentation certaine par les reliefs situés à l'Est du Bibicharbanou. Comme nous l'avons dit ci-dessus, les faciès sulfaté-sodiques de Talo sont dûs aux affleurements de terrains miocènes. Les faciès chlorurés calciques situés au Sud de la ville, résultent de la convergence des faciès normaux bicarbonatés calciques, des faciès sulfatés calciques, et certainement des apports chlorurés par les infiltrations polluées de la ville.

- Carte des résidus secs (fig. 81).

Les concentrations augmentent de l'amont vers l'aval. Les eaux très douces (moins de 200 mg/l) et douces (moins de 500 mg/l) sont localisées dans les zones d'alimentation et à l'aval immédiat de ces zones.

Le glacis moyen du piémont contient des eaux douces (moins de 500 mg/l).

Les glacis supérieurs ont des salinités qui varient de 500 à plus de 1000 mg/l).

Dans la plaine, les anciens glacis mal alimentés, ont aussi des valeurs de salinités qui varient de 500 à plus de 1000 mg/l.

Dans la zone d'évaporation, ces valeurs deviennent très fortes : plus de 2000 mg/l. Dans le Miocène du Sud, les eaux courantes d'un ghanat contiennent plus de 48 g/l.

L'accroissement de la salinité de l'amont vers l'aval, résulte de plusieurs facteurs convergents :

- salinité progressive de l'amont vers l'aval (zonalité),
- passage des zones d'alimentation vers les zones d'évaporation,
- diminution de la pente topographique et de l'altitude, ce qui permet un rapprochement des eaux souterraines près de la surface,
- lithologie plus fine de l'amont vers l'aval : les surfaces de contact eau-aquifère sont plus grandes,

- salinisation géologique des terrains de l'amont vers l'aval. Le Miocène affleure dans le Sud,
- désertification croissante en direction du Sud.

- Carte des résistivités des eaux souterraines (fig. 82).

Elle se superpose aisément sur la carte précédente. Mais elle est plus "sensible".

La courbe de 3000 ohms/cm, localise exactement les zones d'infiltration (Kan, cônes du Nord-Est de la ville, infiltrations à partir des surfaces bâties ...).

Dans le détail, cette carte met en évidence de nombreuses anomalies qui se sont effacées à cette échelle.

Les grandes variations de la résistivité au niveau de la ville; résultent de la présence de zones d'alimentation par les cônes, de la proximité localement, de terrains anciens qui augmentent la salinité et des infiltrations à partir des surfaces bâties. Ces dernières infiltrations ont des salinités très variables. Conformément à l'accroissement de la salinité, les valeurs de la résistivité diminuent de l'amont vers l'aval.

- Carte de dureté totale (fig. 83).

Si elle n'apporte pas de faits nouveaux, cette carte confirme les observations des cartes précédentes :

- zones d'alimentation à eaux peu chargées (moins de 200 mg/l),
- reliefs du piémont à eaux dures à très dures (200 à plus de 500 mg/l),
- zone des glacis anciens de la plaine à eaux dures (300 à 500 mg/l),
- les parties de la plaine limoneuse qui sont alimentées ont des eaux moins dures (200 à 300 mg/l de CO_3Ca),
- zones du Sud à eaux très dures (plus de 500 mg/l).

Cette carte met bien évidence la présence d'eaux de moins bonne qualité entre la zone du Kan et les reliefs du Sépayeh.



ETUDE HYDROGEOLOGIQUE
de la région de
TEHERAN
par
M.Engalenc

$\frac{1}{200000}$

Printemps 1964

DURETE TOTALE (mg/l de CO_3Ca)

○ ○ 0-200 Eaux douces

▬ ▬ ▬ > 500 Eaux très dures

○ ● 200-300 Eaux assez dures

▬ ▬ ▬ ▬ ▬ 200 à > 500 Eaux dures à très dures (indifférencié)

▬ ▬ ▬ 300-500 Eaux dures

fig.83



< 1 m³



1 à 2 "



2 à 5 "



5 à 10



> 10

fig. 85

- Carte des sulfates (fig. 84).

Les insolignes des sulfates délimitent les mêmes zones que les cartes précédentes.

Les plus fortes concentrations correspondent à des faciès anormaux : zone de Talo, de Mesgarabad, zone d'évaporation du Sud et zones d'affleurement du Miocène.

Dans la région de Téhéran Pars, cette carte montre la présence certaine de terrains anciens relativement riches en sulfates, à faible profondeur sous un faible manteau alluvial (Mio-Pliocène ? schistes du Lias ?).

- Carte des isolignes du chlore (fig. 85).

Cette carte est en accord avec les constatations qui précèdent. Les différentes zones apparaissent clairement :

- zone du Kan (moins de 1 me),
- la zone de concentration moyenne entre le Kan et le Sépayeh (2 à 5 me),
- les fortes valeurs du Sud (supérieures à 10 me),
- les anomalies dûes à la ville,
- l'influence des reliefs dans le piémont.

Les fortes valeurs, au Nord de Darrous (colline d'Elayeh), indiquent la présence de la base des formations pliocènes.

- Carte des rapports $r_{Mg/Ca}$ (fig. 86).

Les différentes zones apparaissent, mais avec moins de clarté. Inférieur à l'unité, dans les zones d'alimentation. Ce rapport croît avec l'aval.

Il varie entre 0,5 et 1 dans les glacis anciens de la plaine, et les collines du piémont. Il est supérieur à 1 dans le Sud.

- Carte des rapports r SO_4/Cl (fig. 87).

Cette carte n'apporte que peu de renseignements pour l'interprétation hydrogéologique.

Les différentes zones reconnues dans les autres cartes n'apparaissent que très mal.

Le rapport croît de l'amont vers l'aval, puis décroît rapidement vers le Sud.

La faiblesse de ce rapport à l'amont, est dû à la faible teneur en SO_4 . Ce rapport augmente vers l'aval par accroissement de la teneur en sulfates qui va de pair avec l'augmentation de la concentration totale. Dans le Sud, la rapide augmentation de la teneur en Cl fait décroître le rapport malgré un accroissement régulier des sulfates.

Donc, les faibles valeurs du rapport r SO_4/Cl dans le Nord (manque de sulfates) n'ont pas les mêmes origines que celles du Sud (excès de chlore).

- Carte des isothermes des eaux souterraines (fig. 88).

Malgré les erreurs dûes aux fortes variations de la température au cours d'une même journée, certaines zones peuvent être individualisées. Les mesures ont été effectuées avec un thermomètre à mercure (précision à 1/10 de degré) complètement immergé dans le flot à la sortie de la pompe. Les mesures ayant été faites à l'époque des grands arrosages, on estime que les valeurs sont bonnes, d'autant plus que la surface des eaux souterraines étant souvent profonde, elle est généralement hors d'atteinte des variations de la température de l'air. Nous précisons qu'à la saison des mesures (printemps), l'infiltration des eaux d'épandage des crues, introduit dans les aquifères une grande quantité d'eau fraîche, provenant de la fonte des neiges. La température générale de l'air était fraîche.

Les températures se répartissent entre 10° (source de Schahabad et 26° (Téhéran Pars).

Sachant que la température moyenne de l'air à Téhéran est $t_m = 16^{\circ} 4$ et si t_a est la température de l'eau, nous pouvons classer les eaux suivant les divisions de SCHOELLER (117).



fig. 86

ELBOURZ

Kan

Téhéran

Rey

Kahrizak

SEPAYEH

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE
de la région de
TEHERAN
par
M. Engalenc

1
200,000

Printemps 1964

ISOLIGNES des RAPPORTS $r_{SO_4/Cl}$



<1



1 à 2



>2

fig. 87



< 16°



16-18°



18-20°



> 20°

fig. 88

- eaux hyperthermes $t_a > t_m + 40$,
- eaux orthothermes $t_a = t_m$ à $t_a + 4$,
- eaux hypothermes $t_a < t_m$.

Ainsi, sont hyperthermes les eaux dont la température est supérieure à $20^{\circ} 5$.

- orthothermes les eaux dont la température est comprise entre $16^{\circ} 5$ et $20^{\circ} 5$,
- hypothermes les eaux dont la température est inférieure à $16^{\circ} 5$.

Les eaux hypothermes sont essentiellement localisées le long du pied de l'Elbourz et dans les zones d'épandage des crues. Au Nord-Est de la région, les températures descendent jusqu'à 10° , mais les mesures sont faites aux débouchés des sources qui ont tendance à équilibrer leur température avec celle de l'air ambiant. La source de Schadabad à la réputation d'être fraîche toute l'année.

La plupart des eaux souterraines de la région sont orthothermes. Elles caractérisent les zones non directement influencées par les épandages des crues (reliefs du piémont anciens glacis de la plaine).

Des eaux hyperthermes existent localement :

- puits creusés dans les formations anciennes du piémont,
- puits profonds dans la plaine limoneuse,
- bordure du Sépayeh et Téhéran Pars. Dans cette région, les puits sont profonds, les reliefs qui alimentent les aquifères peuvent se comporter comme des corps noirs (calcaires et dolomies sombres, patines vernissées), et l'activité volcanique (massif éruptif) n'est pas exclue. Cette carte met bien en évidence la poche au Sud de Rey, les zones d'alimentation, et l'emplacement d'une ancienne vallée du Kan, remplagée par des apports détritiques et recouverte de limons. A l'emplacement de la ville, une lentille d'eau fraîche rappelle les infiltrations à partir des surfaces bâties.

- Carte des valeurs du pH (fig. 89).

D'une façon générale, il n'y a pas d'eau acide dans la région de Téhéran. La valeur normale varie entre 7,5 et 8.

Le pH a des valeurs plus fortes dans les zones de concentration élevée (reliefs du piémont, bordure du Sépayeh, zone Sud).

Remarquons au Sud de la ville une zone allongée ayant un pH relativement faible (7 à 7,5), alors que les concentrations sont plutôt élevées. Cette anomalie aurait une origine dans la pollution à partir des eaux infiltrées par les surfaces bâties.

Nous nous sommes servis des données de la physico-chimie des eaux souterraines pour confirmer les déductions et certaines hypothèses précédemment formulées ; en dehors de ces interprétations hydrogéologiques, nous devons analyser les propriétés purement chimiques des eaux souterraines.

4.3 - PROPRIETES CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES.

Pour comprendre la répartition des différentes familles chimiques, il faut distinguer les zones qui sont directement alimentées par les infiltrations des eaux des crues et les zones hors d'atteinte de ces épandages. Ces deux zones sont caractérisées par des faciès que l'on peut qualifier de normaux pour la région. Les conditions aux limites locales introduisent des anomalies de faciès : zones d'évaporation, influence des bordures, et par là, nature des terrains traversés par les écoulements souterrains. Le faciès normal pour la région, c'est-à-dire le plus répandu est du type bicarbonaté ; il est bicarbonaté calcique dans les zones d'alimentation, et bicarbonaté sodique dans les zones non directement alimentées par les eaux des crues.

4.3.1 - Eaux bicarbonatées calciques.

Elles caractérisent les eaux des zones d'alimentation. Ces eaux proviennent de l'infiltration des eaux descendant de l'Elbourz. Il n'existe pas dans les bassins montagneux de terrains salifères ou susceptibles d'accroître la salinité des eaux précipitées. Les eaux précipitées ruissellent rapidement en surface ; les dissolutions dans la partie montagneuse sont réduites. Ces eaux de faible concentration arrivent dans le piémont sous forme d'écoulement concentré qui n'a guère de possibilités pour dissoudre les roches encaissantes.

Elles se répandent ensuite à la surface des cônes de déjection ; leur infiltration dans des terrains très perméables, est rapide. La concentration par évaporation est quasi nulle étant donné la rapidité du phénomène et la grande profondeur de la surface piézométrique.

- Caractères généraux.

Le faciès bicarbonaté calcique va de pair avec la faible concentration en sels dissouts.

D'une façon générale, la concentration totale ne dépasse pas 500 mg/l.

Les eaux souterraines sont rapidement saturées en carbonates et bicarbonates de calcium ; par suite, si une eau a une concentration égale ou inférieure à la solubilité normale du carbonate de chaux, elle doit être normalement du type bicarbonaté calcique (117).

Par la suite, la concentration en carbonate de calcium est assez constante : de 3 à 4 milliéquivalents.

Le rapport $r \text{ Mg/Ca}$ est toujours inférieur à l'unité. Il est souvent inférieur à 0,5.

Les ions Cl et SO_4 sont en petites quantités : inférieurs à 1 milliéquivalent, rarement plus de 2.

Le rapport $r \text{ SO}_4/\text{Cl}$ est variable ; mais il est en général inférieur à l'unité à l'amont et supérieur vers l'aval des zones d'alimentation.

- Caractères spécifiques * :

Les eaux bicarbonatées calciques ont pour formule générale :

$$r\text{CO}_3 > r\text{SO}_4 \text{ ou } r\text{Cl} \quad \text{et} \quad r\text{Ca} + r\text{Mg} > r\text{Na} + r\text{K}$$

Mais dans le détail, plusieurs combinaisons sont possibles :

* Nota : Voir en annexe les coordonnées des échantillons cités dans le texte et sur les diagrammes d'analyses. Se reporter ensuite à la carte (hors texte) des points d'eau.

- (1) $rCO_3 > rSO_4 > rCl$ et $rCa > rMg > rNa + K$ (fig. 90)
- (2) $rCO_3 > rSO_4 > rCl$ et $rCa > rNa + K > rMg$ (fig. 91-92)
- (3) $rCO_3 > rSO_4 > rCl$ et $rNa + K > rCa > rMg$ (fig. 93)
- (4) $rCO_3 > rCl > rSO_4$ et $rCa > rMg > rNa + K$ (fig. 93)
- (5) $rCO_3 > rCl > rSO_4$ et $rCa > rNa + K > rMg$ (fig. 94)
- (6) $rCO_3 > rCl > rSO_4$ et $rNa + K > rCa > rMg$

Les eaux bicarbonatées du premier groupe sont peu répandues et ne sont représentées que par des valeurs isolées. L'indice d'échange de base est négatif. Ceci est dû plus à la faiblesse de la teneur en ions Cl et à la concentration relativement forte des ions Na + K, qu'à un échange de bases.

- Le faciès n° 2 est plus fréquent. Il se trouve dans les zones d'alimentation des cônes de déjection (diagramme 2, fig. 91) et dans la moitié Nord de la ville (diagramme 3, fig. 92).

Il y a disharmonie entre l'ordonnance des anions et celle des cations.

Le rapport rNa/Ca est faible ; inférieur à 0,5 ; rSO_4/Cl est supérieur à l'unité. La concentration totale est très variable ; elle varie des valeurs faibles à plus de 700 mg/l. La concentration en ions carbonatés va de 2,4 à 8, mais avec des valeurs de 3 à 4 en moyenne.

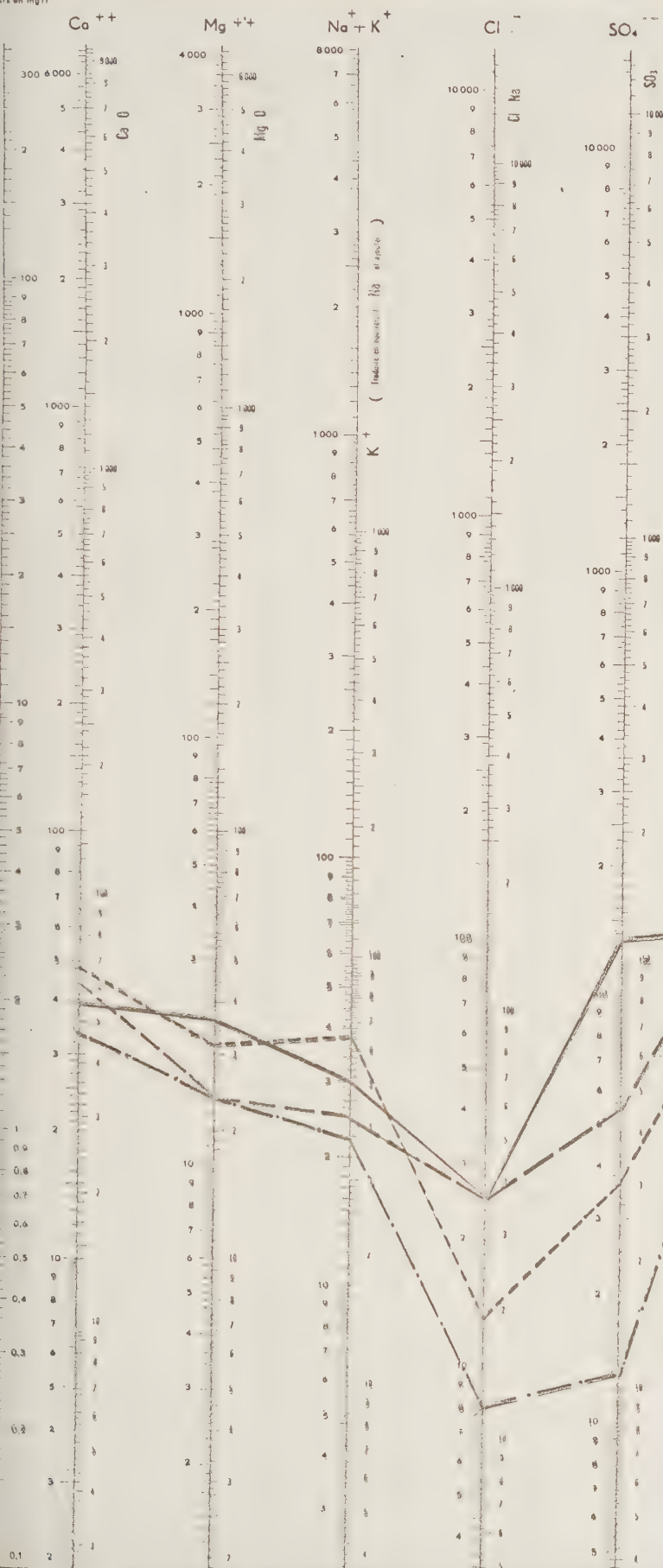
L'i.e.b. présente quelques valeurs positives.

- Le troisième faciès, n'existe que sous forme isolée.
- Avec le quatrième faciès, s'opère une inversion dans l'ordre des anions.

Le rapport rSO_4/Cl est inférieur à l'unité. Ce faciès est rare (diagramme 4, fig. 93).

L E G E N D E

Figuré	no	Rés. suc mg/l	p ohms/cm	dp	pH
	8	(1)			
	32				
	65				
	63				


$$\text{CO}_3^{--} \quad \text{Combine}$$

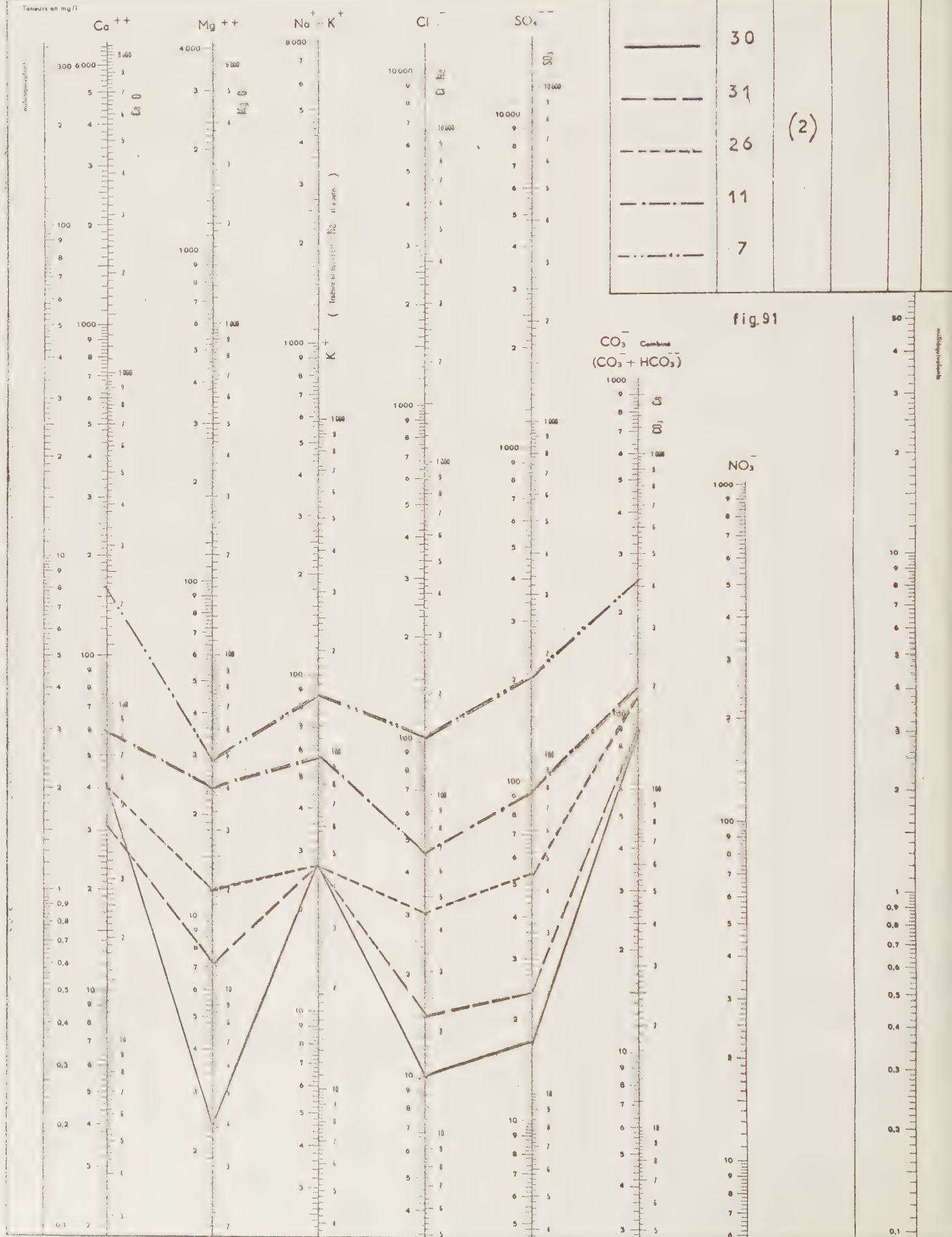
$$(\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^{--})$$

fig. 90



Figuré	n°	mg/l	p ohms/cm	dp	pH
—————	30	(2)			
-----	31				
- - - - -	26				
.....	11				
.....	7				

fig.91



Teneurs en mg/l

mg/l équivalents

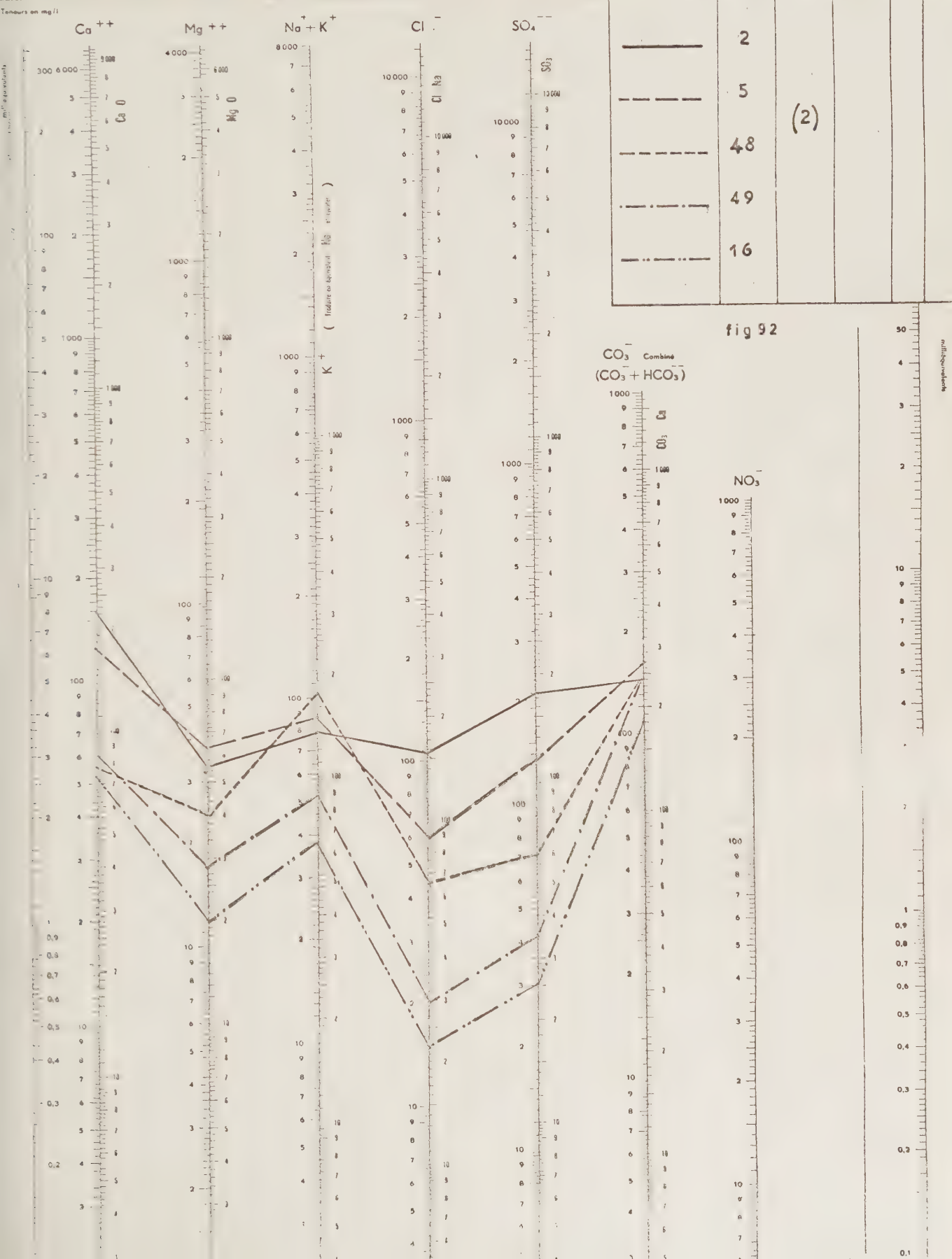
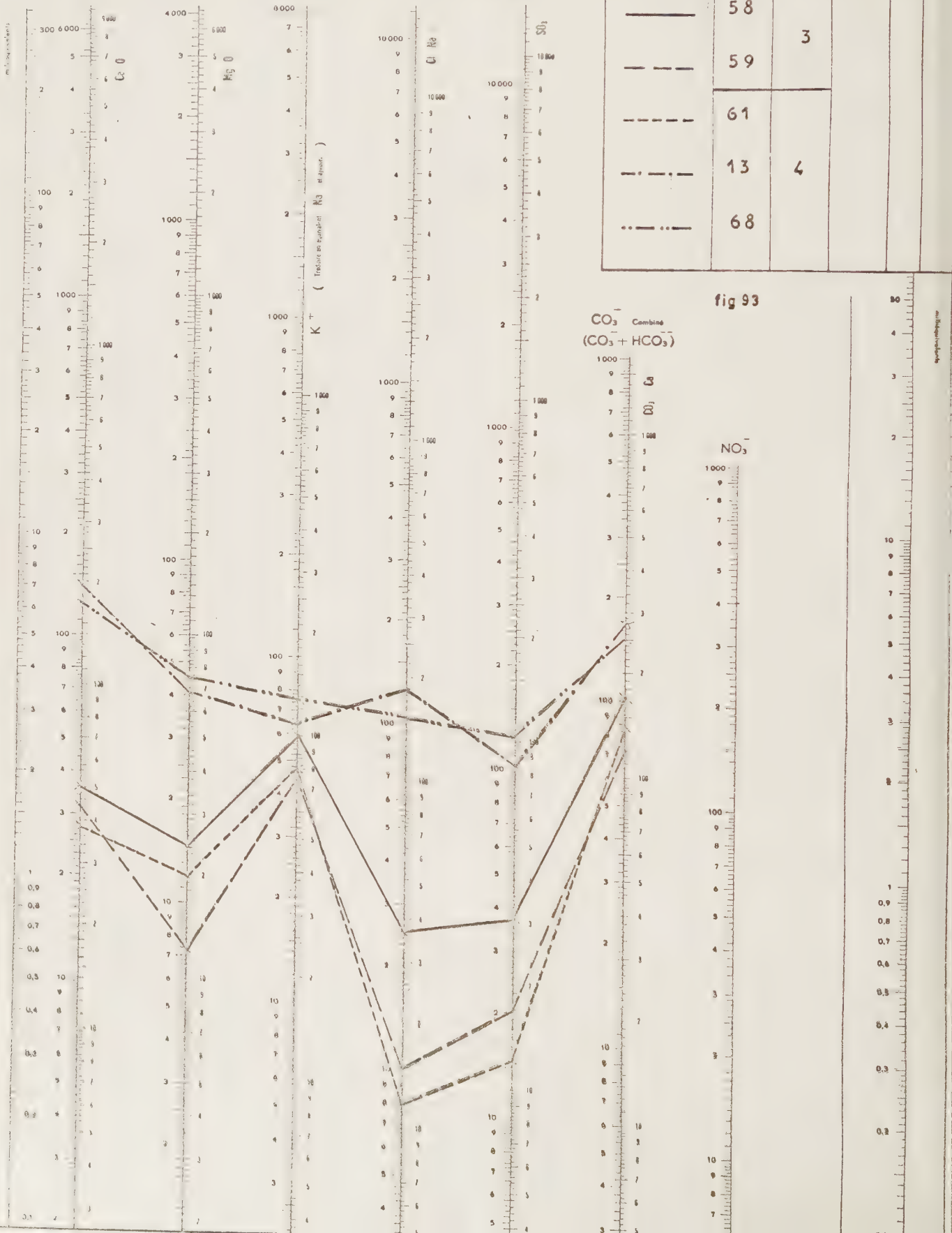


Figure	no	max. ser. mg/l	p ohms/cm	dp	pH
—	58	3			
---	59				
----	61	4			
- . - . -	13				
.. - - ..	68				

teneurs en mg/l

 Ca^{++} Mg^{++} $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ Cl^- SO_4^{--} 

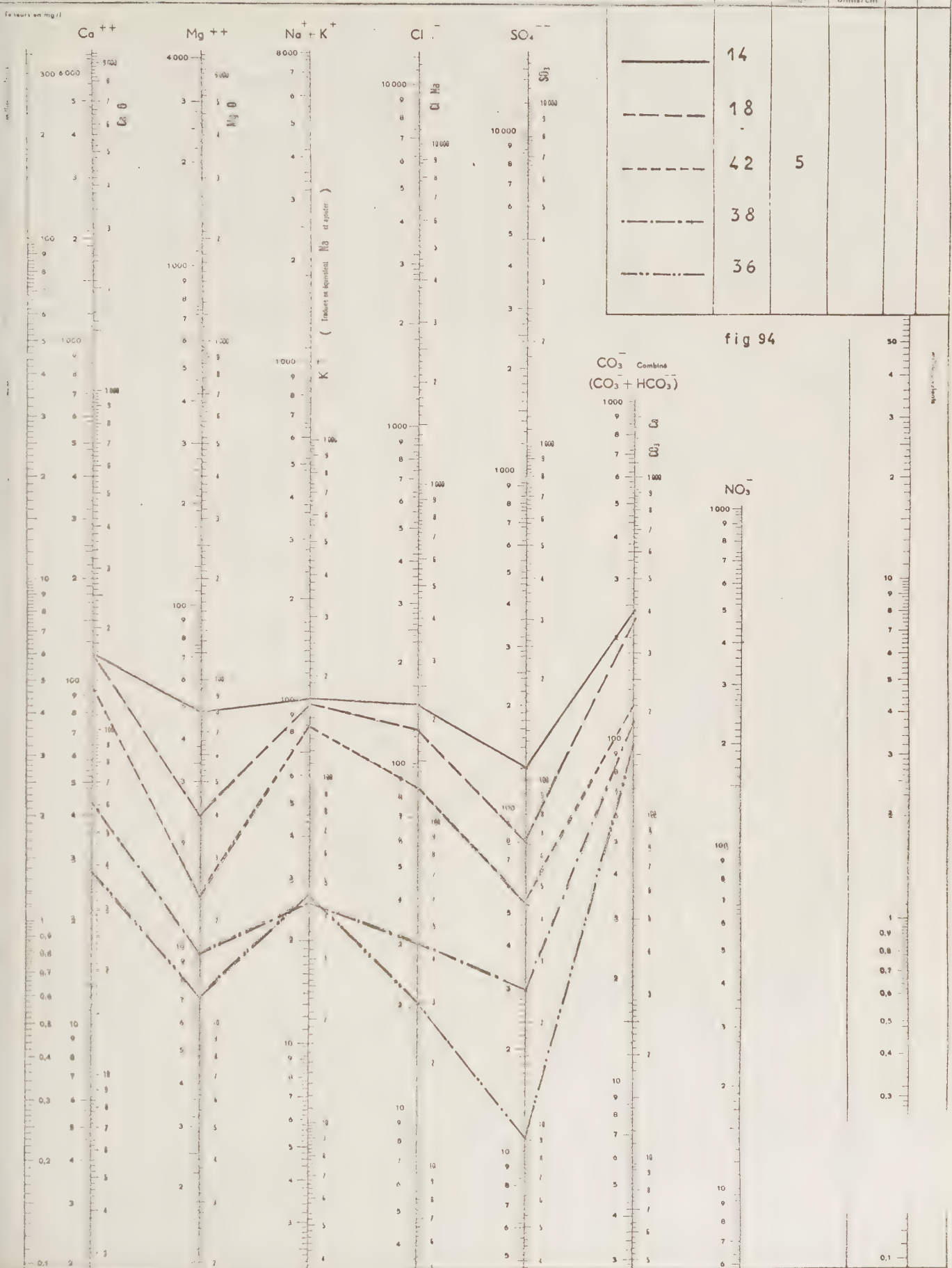


fig 94

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

HYDROGEOLOGIE

d'après H. SCHÖELLER
et N. BERKALOFF

LEGENDE

Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dp	pH
—	161	7			
- - -	162				
- - -	135				
- . -	140				

Teneurs en mg/l

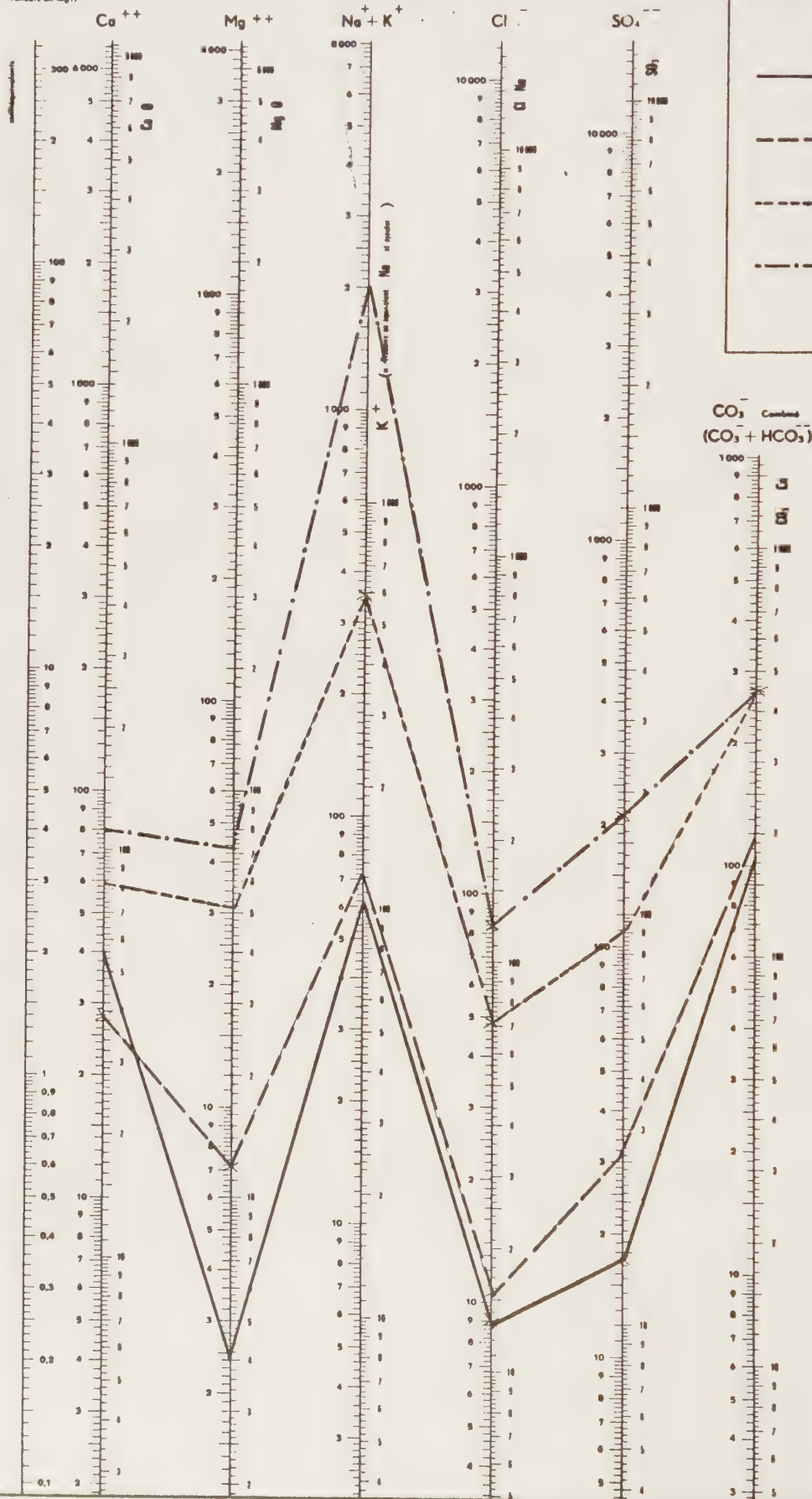


fig 95

- Le cinquième faciès est très répandu dans le piémont de Téhéran (diagramme 5, fig. 94).

Les ions Na + K prennent le pas sur les ions Mg. La concentration totale varie fortement des valeurs faibles aux valeurs fortes (198 à 925 mg/l). La concentration en CO_3Ca se maintient vers 3 à 5 milliéquivalents. Mais des valeurs fortes s'observent.

Le rapport rMg/Ca varie de 0,2 à 0,7.

Le rapport rSO_4/Cl est compris entre 0,5 et 1.

L'i.e.b. est toujours négatif.

- La dernière variante du faciès bicarbonaté calcique est rare.

Les rapports rMg/Ca et rSO_4/Cl sont inférieurs à l'unité. Les faciès bicarbonaté-calciques les plus répandus (2) et (5) se côtoient dans les zones directement alimentées par les crues. Mais le faciès (2) semble plus proche de la composition des eaux les plus douces. Il évolue vers le faciès (5) ; cette évolution implique notamment la concentration en ions Cl ; les ions Cl peu importants dans le faciès (2) ont une concentration telle que le rapport rSO_4/Cl est inférieur à l'unité pour le faciès (5).

Par ailleurs, le faciès (5) peut atteindre des concentrations totales supérieures à celles du faciès (2). En particulier, dans les zones habitées (en ville) ces concentrations sont assez élevées et les concentrations en ions Cl et Na peuvent traduire une certaine pollution à partir de l'infiltration des déchets humains (échantillon 9).

4.3.2 - Eaux bicarbonatées sodiques.

- Généralités.

Ces eaux caractérisent les zones non directement alimentées par les épandages des crues. Par suite, il faut s'attendre à les trouver dans les glacis étagés du piémont et les glacis anciens de la plaine limoneuse.

Cette famille d'eau est très répandue dans la région de Téhéran. Elle forme le deuxième groupe des faciès que nous avons appelés normaux pour la région.

Ce groupe est défini par une concentration en ions CO_3 supérieure à celle des ions SO_4 ou Cl ; il se différencie des eaux bicarbonatées calciques par la supériorité des ions $\text{Na} + \text{K}$ sur les ions $\text{Ca} + \text{Mg}$.

Ces eaux dérivent en général des eaux bicarbonatées calciques ; par suite, leur concentration totale sera plus élevée.

- Caractères spécifiques.

Les eaux bicarbonatées sodiques peuvent se diviser en quatre faciès :

$\text{rCO}_3 > \text{rSO}_4 > \text{rCl}$ et $\text{rNa} + \text{K} > \text{rCa} > \text{rMg}$ (faciès 7, fig. 95-96)

$\text{rCO}_3 > \text{rSO}_4 > \text{rCl}$ et $\text{rNa} + \text{K} > \text{rMg} > \text{rCa}$ (faciès 8, fig. 97)

$\text{rCO}_3 > \text{rCl} > \text{rSO}_4$ et $\text{rNa} + \text{K} > \text{rCa} > \text{rMg}$ (faciès 9, fig. 98)

$\text{rCO}_3 > \text{rCl} > \text{rSO}_4$ et $\text{rNa} + \text{K} > \text{rMg} > \text{rCa}$ (faciès 10, fig. 99)

- Le premier faciès des eaux bicarbonatées sodiques (faciès 7) est bien représenté dans la zone de Téhéran Pars (diagramme 7, fig. 96) dans les glacis anciens du piémont en bordure des zones d'alimentation, et dans les glacis anciens de la plaine limoneuse (Rey-Kahrizak) (diagramme 6, fig. 95). La concentration totale est comprise entre 400 et 1000 mg/l. Mais, il existe des valeurs plus faibles, surtout en bordure des zones d'alimentation, et dans le Nord du piémont (influences climatiques).

Le rapport rSO_4/Cl est supérieur à 1,5. Dans les zones des glacis d'érosion, à substratum miocène proche, ou lorsqu'un puits pénètre jusque vers les couches de transition miocènes (Talo, Païn), ce rapport peut atteindre des valeurs élevées (10,2 à Talo).

Le rapport rMg/Ca varie de 0,5 à 1.

HYDROGÉOLOGIE

DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAUd'après H. SCHÖELLER
et N. BERKALOFF

L E G E N D E

Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dp	pH
—	108				
- - -	112				
- . - . -	105	7			
—	106				
- . - . -	111				

Valeurs en mg/l

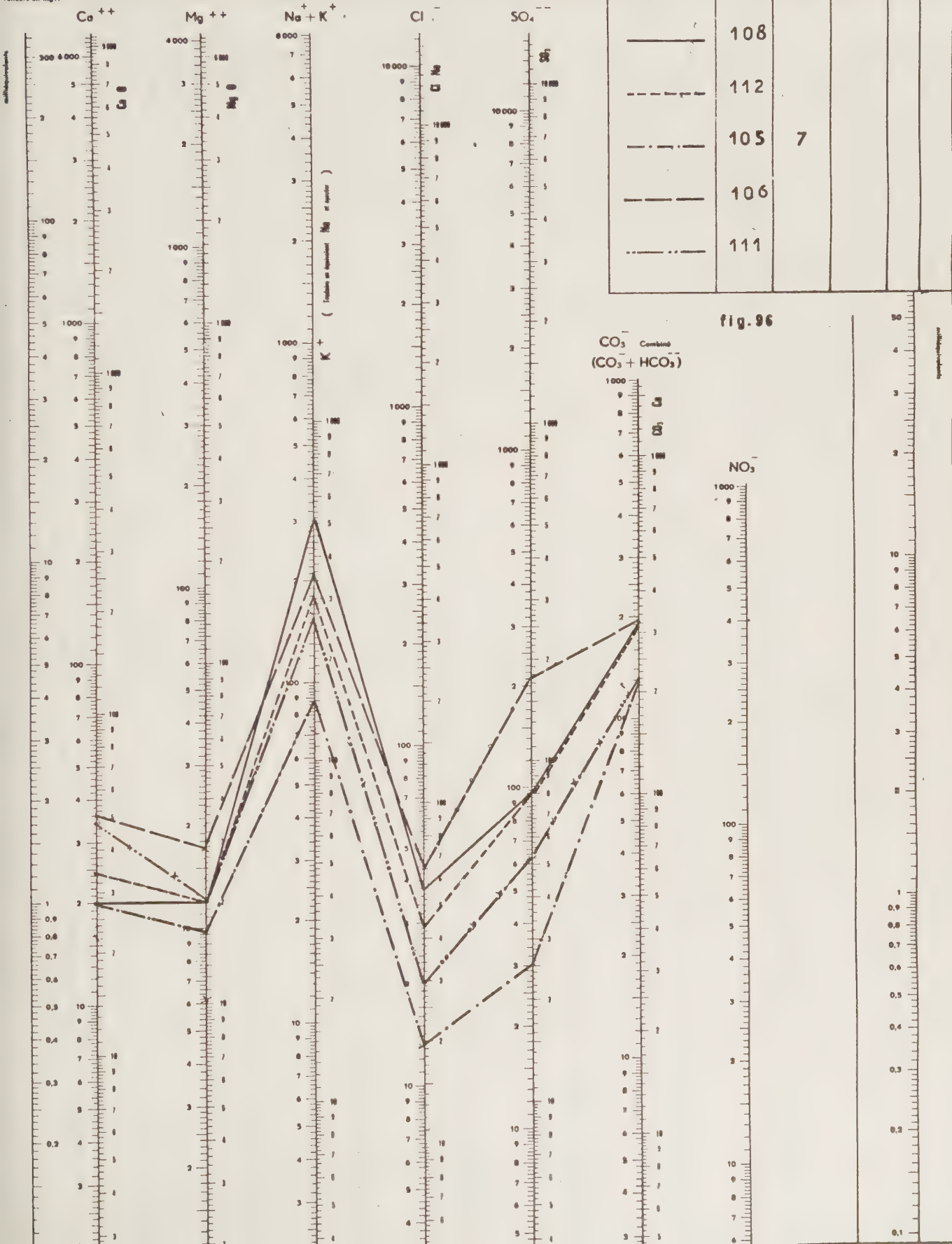


DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAUd'après H. SCHOELLER
et N. BERKALOFF

LEGENDE

Figure	n°	Réa. sec mg/l	ρ ohms/cm	dp	pH
—	188				
- - -	136	8			
- . - .	190				

Teneurs en mg/l

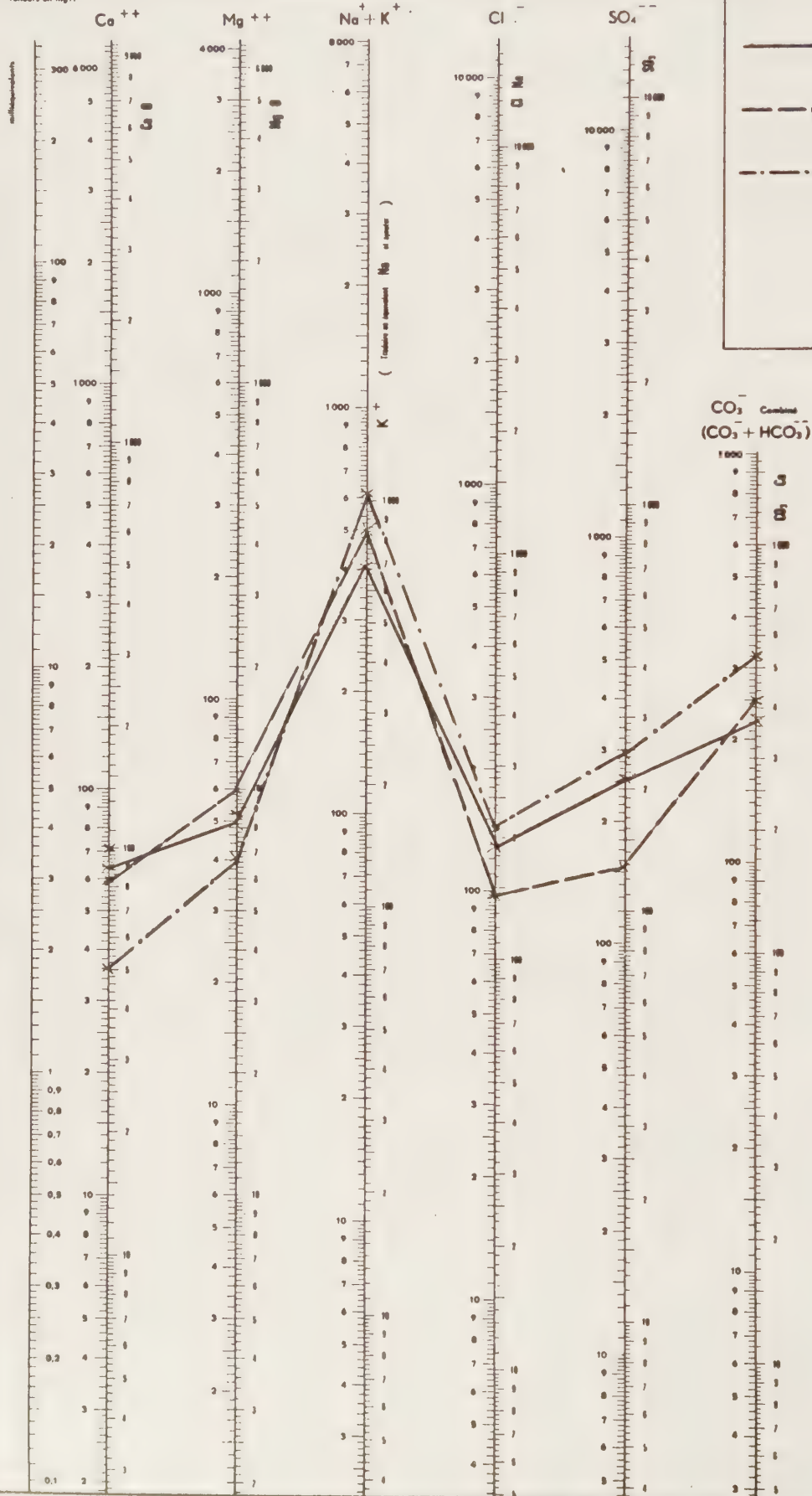


fig. 97



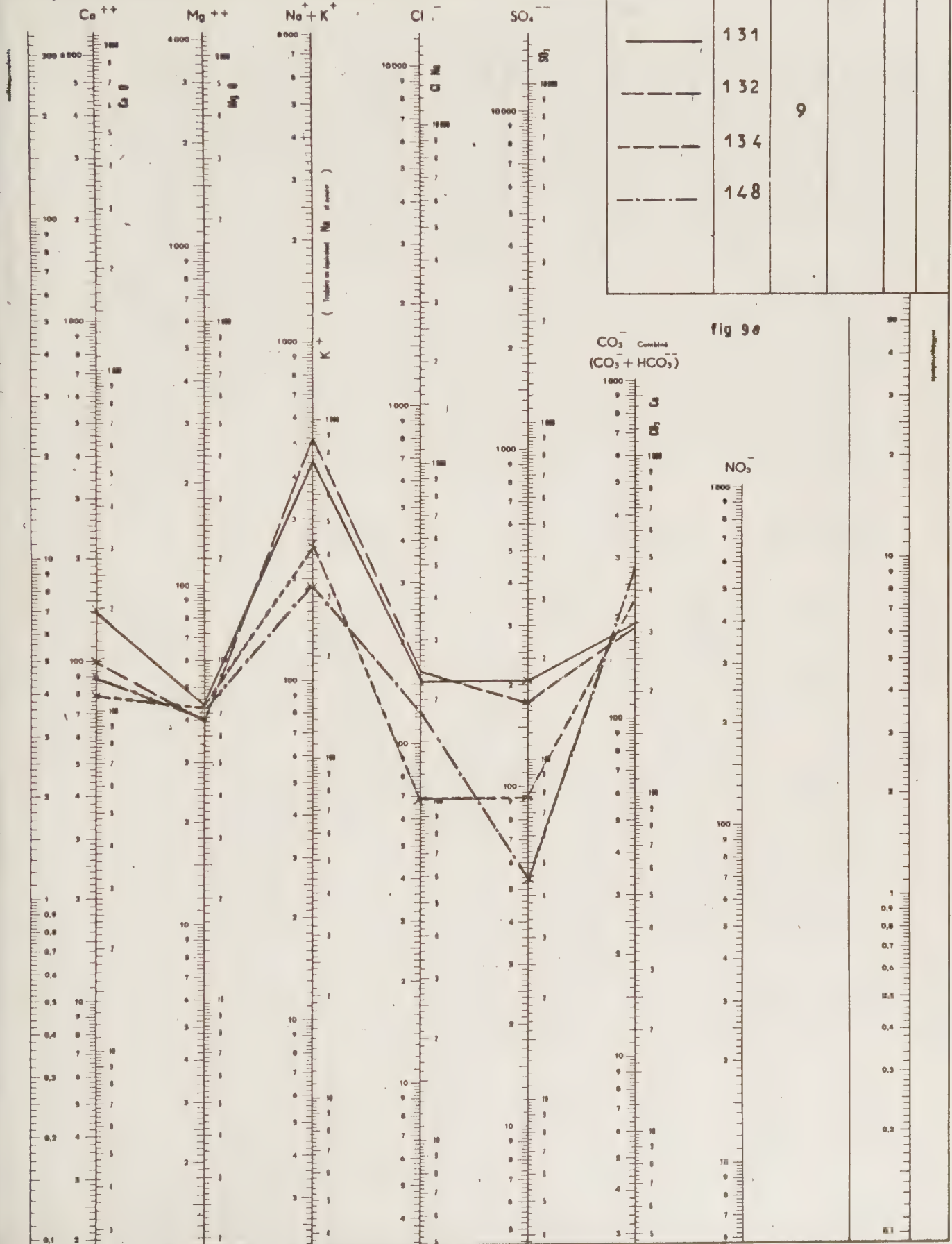
HYDROGEOLOGIE DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après H. SCHOELLER
et N. BERKALOFF

LEGENDE

Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohm/cm	dp	pH
————	131	9			
-----	132				
- - - - -	134				
.....	148				

Température en mg/l



Figure

no

Réa. sec
mg/lp
ohm/cm

dp

pH

Teneur en mg/l

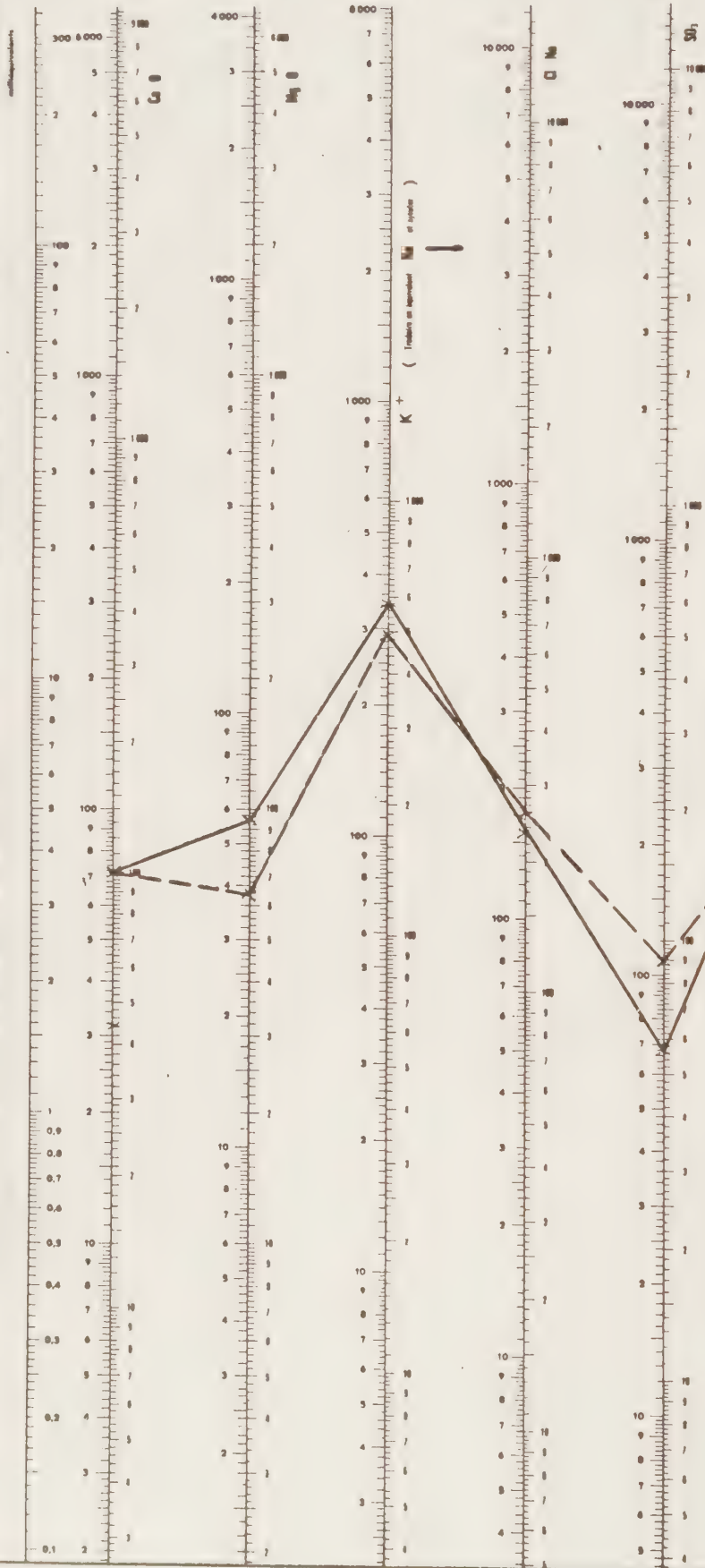
 Ca^{++} Mg^{++} $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ Cl^{-} SO_4^{--}  CO_3^{-} Composé
($\text{CO}_3^{-} + \text{HCO}_3^{-}$)

fig. 99

 NO_3^{-}

L'i.e.b. varie de 0,57 à -36. Le fort déséquilibre chlore/alcalin traduit des échanges de bases entre les ions Ca de l'eau et les ions Na du terrain. Ces derniers ions sont en abondance dans les terrains qui voisinent avec les formations miocènes. Un exemple typique est celui de Baquerabad de Kahrizak (i.e.b. = 36). Si une certaine constance s'observe dans les valeurs de rCO_3Ca (4 à 5 en général). Il faut signaler des valeurs fortes : 9 par exemple à Baquerabad. Mais, cette valeur s'accompagne d'un résidu sec élevé, assez peu courant pour une eau carbonatée (1986 mg/l).

- Le deuxième faciès des eaux bicarbonatées sodiques (faciès 8) caractérise la plaine de Kahrizak (diagramme 8, fig. 97), et la bordure Nord du Sépayeh. La concentration en ions Mg est plus forte que celle en ions Ca. Par suite le rapport rMg/Ca est supérieur à 1. Il oscille entre 1,2 et 1,6. L'accroissement de ce rapport va de pair avec l'augmentation de la salinité totale qui est supérieure à 500 mg/l en général et peut atteindre 1600. La valeur la plus faible observée est 224 ; elle se situe à Narmak au contact avec les cônes de déjection, (échantillon 102).

Le rapport rSO_4/Cl , proche de 1,5 a des valeurs voisines avec le faciès précédent.

Le déséquilibre chlore-alcalins met en évidence des échanges entre les ions Ca de l'eau et les ions Na du terrain. Mais, l'i.e.b. n'a pas de valeurs aussi fortes que pour le faciès 7 (-9,6 au plus).

La concentration en rCO_3Ca a des valeurs au-dessus de la moyenne (6 à 8 le plus souvent).

- Avec le troisième faciès des eaux bicarbonatées sodiques (faciès 9), s'opère une inversion dans le rapport rSO_4/Cl ; il est inférieur à l'unité. Ceci traduit théoriquement une progressivité vers la salinisation ; en fait, ce rapport est très souvent voisin de l'unité si bien que ce faciès n'est qu'une légère variante du faciès (7). Ceci se traduit par des concentrations totales proches, inférieures à 1000 mg/l. Ces eaux voisinent d'ailleurs avec celles du faciès 7 (le long de la route de Char Rey, diagramme 9, fig. 98, à Vanak-Davoudieh).
- Le dernier faciès des eaux bicarbonatées sodiques (faciès 10) est rare et ne peut faire l'objet de généralités. C'est un faciès de transition vers le faciès 8, avec lequel il a des caractères communs (diagramme 10, fig. 99).

4.3.3 - Les eaux bicarbonatées magnésiennes.

Elles répondent à la définition suivante :

$$rC-O_3 > rSO_4 \text{ ou } rCl$$

$$rMg + rCa > rNa + rK$$

$$rMg > rCa$$

Sans être très répandues, elles forment des associations bien définies. La plus importante et la plus nette est celle de la zone magnésienne, située à l'Est de Rey. L'origine de ces eaux magnésiennes est à rechercher dans la présence des dolomies qui abondent dans le Cambrien, le Trias et le Jurassique de l'Anti-Elbourz.

On peut distinguer plusieurs faciès suivant l'importance relative des ions :

- Faciès (11) : $rCO_3 > rSO_4 > rCl$ et $rMg > rCa > rNa + K$

(diagramme 11, fig. 100).

Ce faciès est rare et ne se prête pas aux généralisations. L'échantillon le plus caractéristique est celui de la source du sanctuaire du Bibicharbanou (n° 200).

- Faciès (12) : $rCO_3 > rSO_4 > rCl$ et $rMg > rNa + K > rCa$

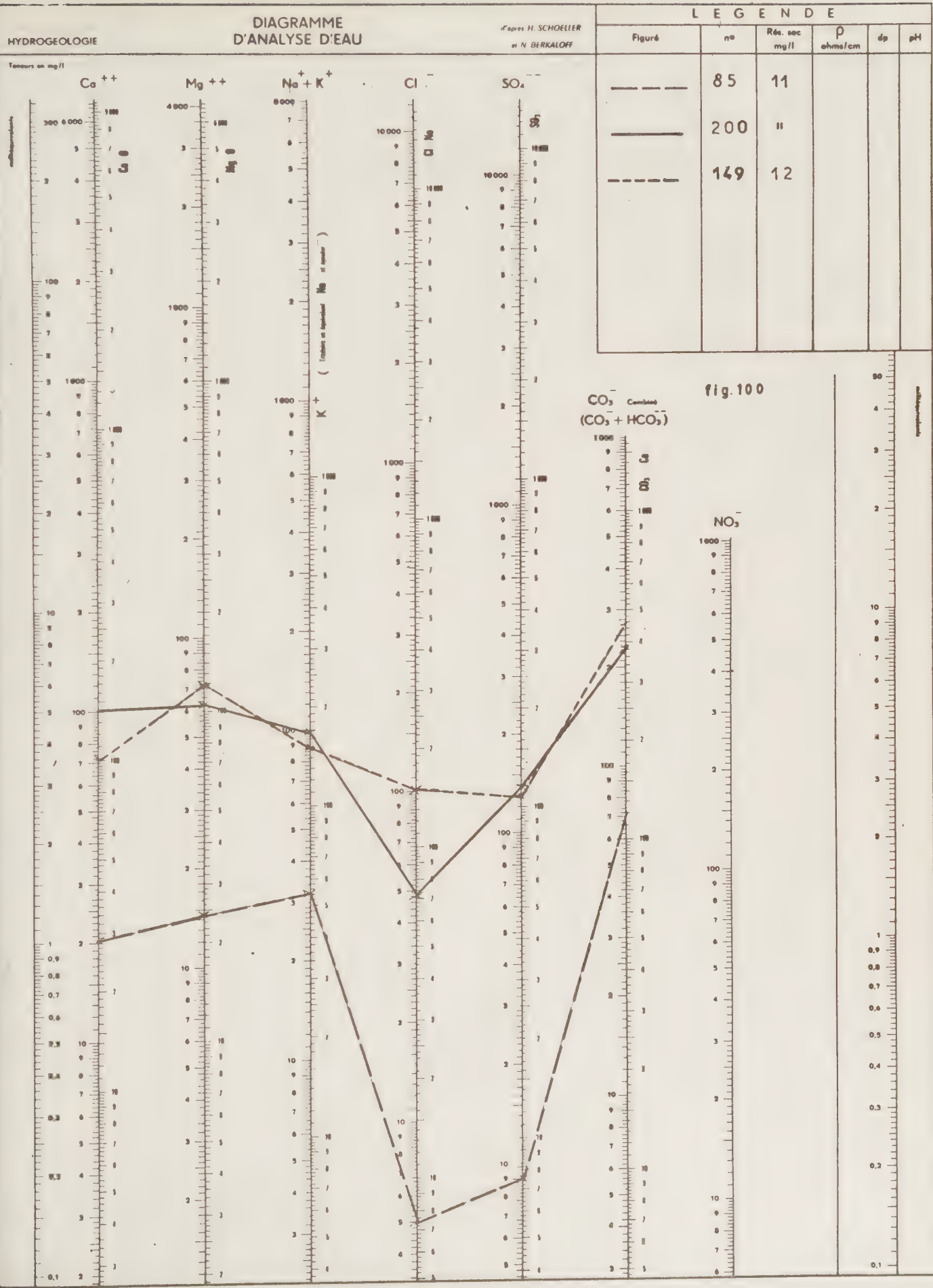
(diagramme 11, fig. 100).

Ce faciès rare et ponctuel est associé à la zone magnésienne de Rey.

L'i.e.b., assez fortement négatif indique un enrichissement en ions Na.

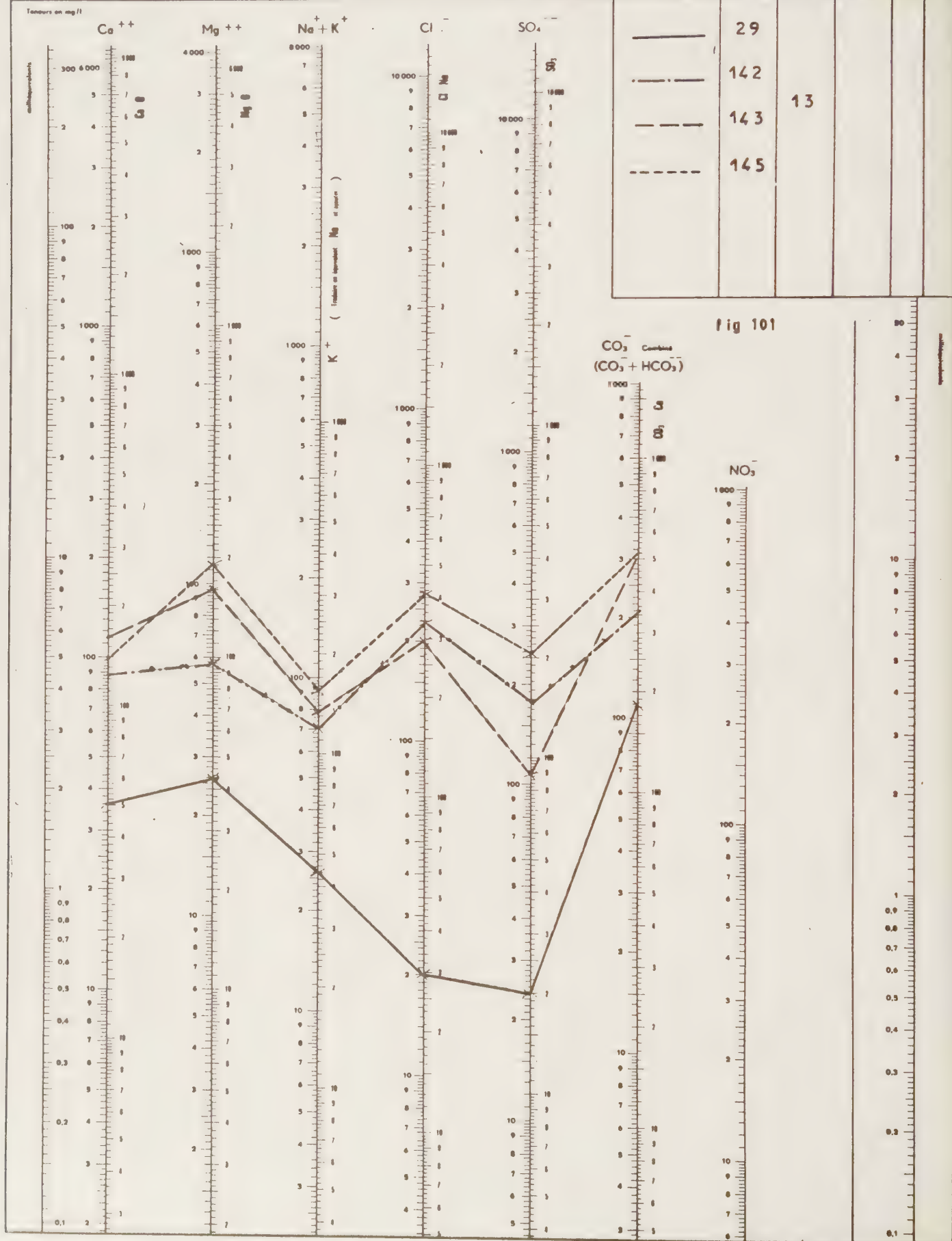
- Faciès (13) : $rCO_3 > rCl > rSO_4$ et $rMg > rCa > rNa + K$

(diagramme 12, fig. 101).



Figuré	no	Rés. sec mg/l	ρ ohm/cm	dp	pH
_____	29	13			
_____	142				
_____	143				
_____	145				

fig 101



HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAUd'après H. SCHÖELLER
et N. BERKALOFF

L É G E N D E

Figuré	no	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dp	pH
—————	121	14			
-----	122	15			
-----	129	"			
-----	130	"			
-----	124	16			

Teneurs en mg/l

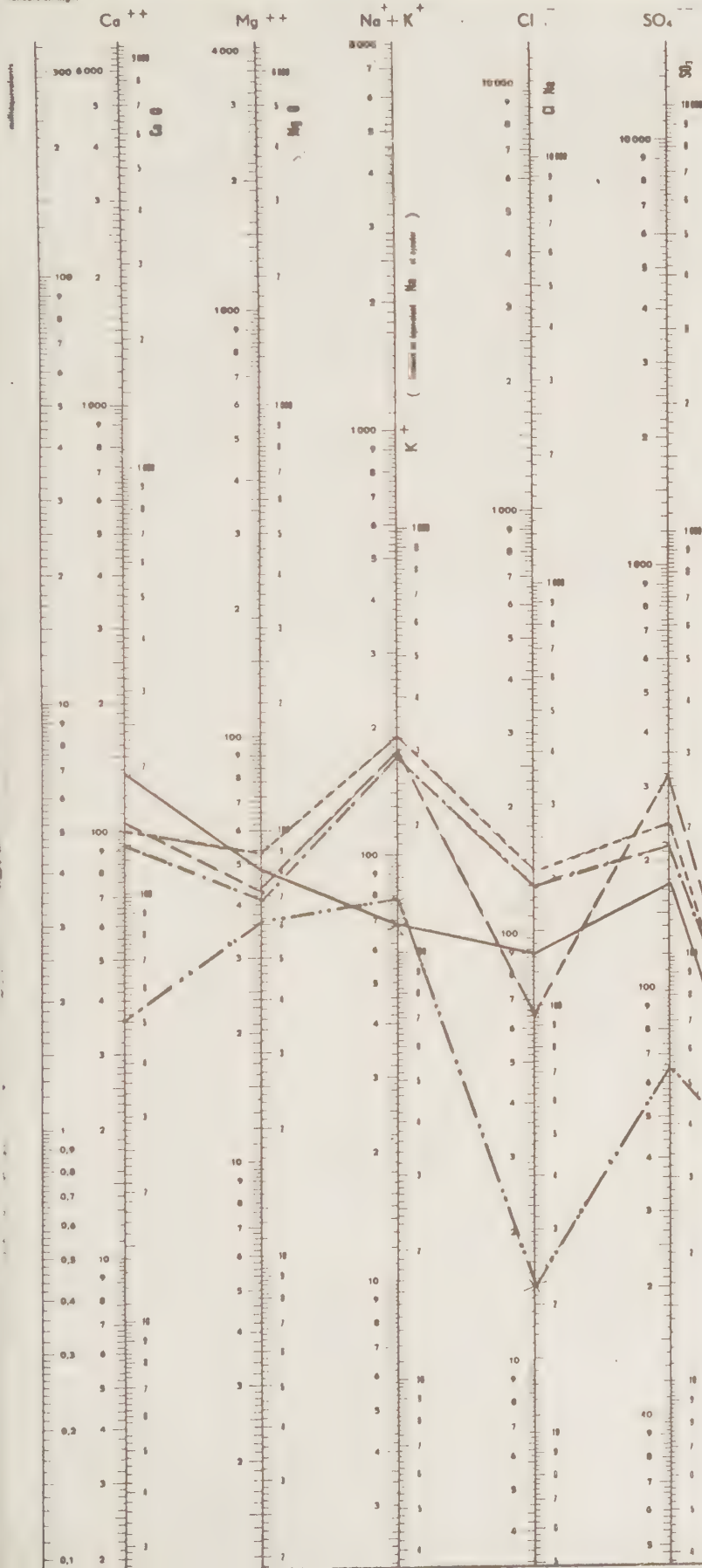


fig. 102

CO₂ Combiné
(CO₂ + HCO₃⁻)NO₃⁻

Teneur en mg/l

100

4

3

2

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0.9

0.8

0.7

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

0.05

0.04

0.03

0.02

0.01

0.005

0.004

0.003

0.002

0.001

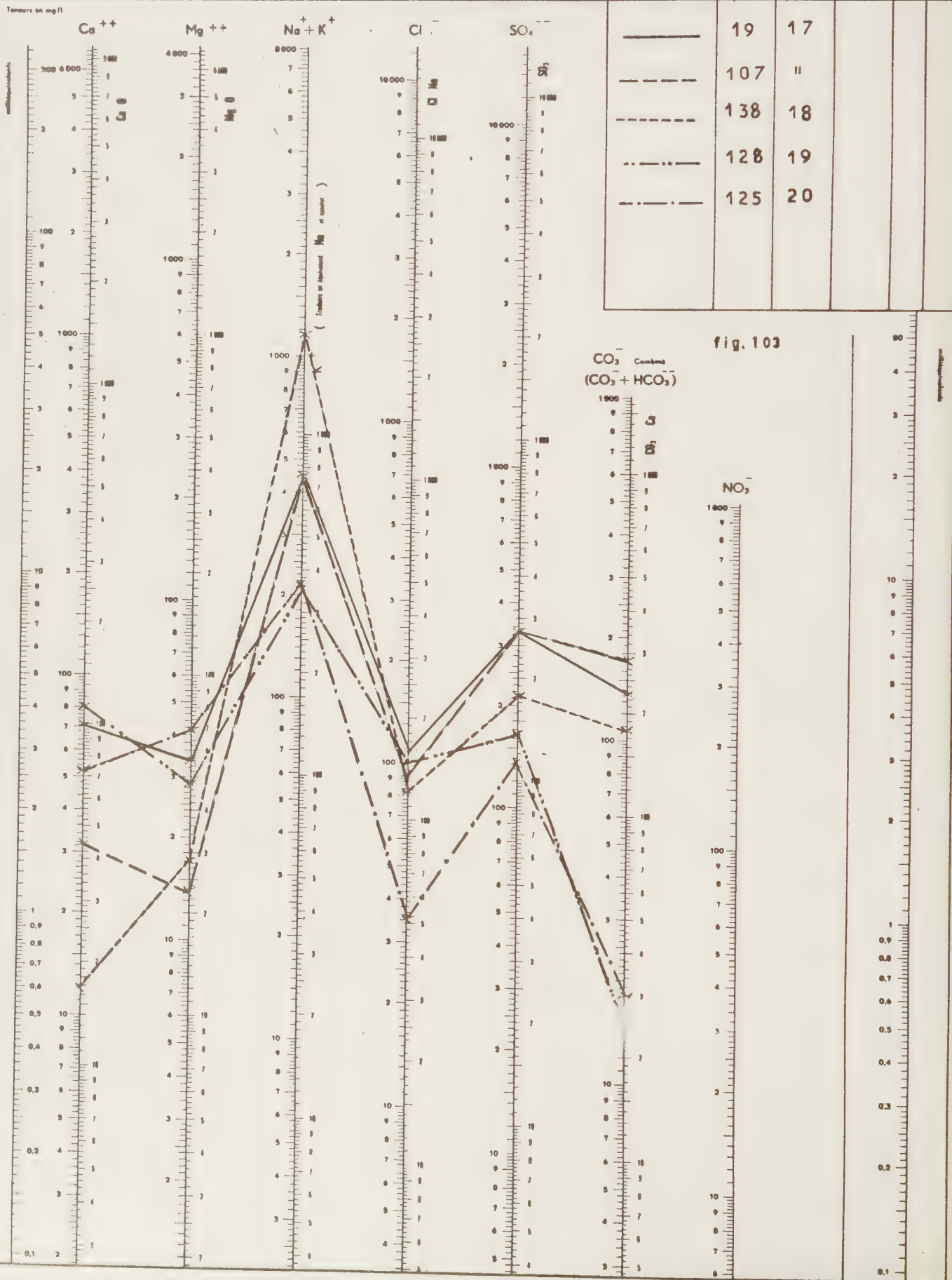
HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAUd'après H. SCHÖLLER
et N. BERKALOFF

L E G E N D E

Figuré	no	Rés. sec mg/l	ρ ohm/cm	dp	pH
————	19	17			
-----	107	"			
-----	138	18			
.....	128	19			
-----	125	20			

fig. 103



C'est le faciès le plus représentatif de la zone magnésienne de Rey. La concentration totale varie de 1100 à 1400 mg/l.

rSO_4/rCl est compris entre 0,4 et 0,6. Le rapport rMg/rCa est supérieur à 1 (entre 1 et 2).

L'i.e.b. est positif, mais faible ; ceci est dû à un enrichissement en ions Cl. Ce faciès est un terme de passage vers les eaux chlorurées magnésiennes situées plus à l'aval. La concentration en ions rCO_3Ca est au-dessus de la moyenne (6 à 10). Elle est souvent très proche de celle en ions Cl.

4.3.4 - Les eaux sulfatées calciques.

Ce faciès est relativement rare si l'on pense que leur importance en Iran Central est grande : dans le cadre de la zonalité géographique, elles s'intercalent entre les eaux bicarbonatées et les eaux chlorurées. De plus, la proximité des terrains miocènes devrait favoriser l'extension de ce faciès.

Elles sont répandues autour de l'extrémité Sud-Ouest de l'Anti-Elbourz. Elles sont en liaison plus ou moins directe avec les formations gypseuses de Mesgarabad. Mais, il est à rappeler que du gypse en aiguille tapisse les interstices des éboulis et remplissent les diaclases et les failles des reliefs de l'Anti-Elbourz. Le faciès général est :

$$rSO_4 > rCl \text{ ou } rCO_3$$

$$rMg + Ca > rNa + K$$

$$rCa > rMg$$

- Faciès (14) : $rSO_4 > rCl > rCO_3$ et $rCa > rMg > rNa + K$

(diagramme 13, fig. 102).

Il n'est représenté que par un échantillon situé en bordure du piémont de Mesgarabad (n° 12). La concentration totale peu élevée pour ce type d'eau, la faiblesse de la concentration en ions CO_3Ca (0,4 millié., ainsi que les signes des rapports caractéristiques $rSO_4/rCl > 1$ et $rMg/rCa < 1$), montrent que la salinité

de cette eau a son origine dans la dissolution d'éléments gypseux, par des eaux qui auraient dûes être normalement douces.

- Faciès (15) : $rSO_4 > rCl > rCO_3$ et $rNa + K > rCa > rMg$
(diagramme 13, fig. 102).

Ce faciès est localisé au contact immédiat du piémont du Bibi. L'influence des formations gypseuses se fait toujours sentir. La concentration totale est inférieure à 1000 mg/l.

4.3.5 - Les eaux sulfatées magnésiennes.

Elles sont mal représentées dans la région et se réduisent à un seul faciès (faciès 16), représenté par un seul échantillon (n° 124). Cette eau a été prélevée à la source de Mesgarabad (diagramme 13, fig. 102).

4.3.6 - Les eaux sulfatées sodiques.

Ce sont aussi des faciès anormaux pour la région. Ils sont localisés autour du Sépayeh.

La formule générale est :

$$rSO_4 > rCO_3 \text{ ou } rCl$$

$$rNa + K > rCa + rMg$$

- Faciès (17) : $rSO_4 > rCO_3 > rCl$ et $rNa + K > rCa > rMg$
(diagramme 14, fig. 103).

Il se trouve dans les zones où les eaux normalement carbonatées sodiques, sont en contact plus ou moins direct avec les terrains miocènes ou la base du Pliocène. C'est le cas pour la source de Talo (n° 19) et pour le puits n° 107, situé au Nord de Dochan Tappeh.

La faiblesse relative en ions Cl et la richesse en ions sodiques expliquent un déséquilibre chlore-alcalin négatif assez marqué.

- Faciès (18) : $rSO_4 > rCO_3 > rCl$ et $rNa + K > rMg > rCa$
(diagramme 14, fig. 103).

Rare et isolé. Caractérise une eau issue d'un ghanat creusé dans les éboulis (de roches andésitiques). Cette eau est caractérisée par un fort déséquilibre chlore-alcalin (20,4). L'origine de cet excès en ions alcalins peut se trouver dans la présence de nombreux cristaux de zéolithes

- Faciès (19) : $rSO_4 > rCl > rCO_3$ $rNa + K > rCa > rMg$
(diagramme 14, fig. 103).

Faciès isolé qui a son importance étant donné le caractère historique de Tchechemeh Ali près de Rey. La tradition veut que ce soit la meilleure eau pour laver les tapis.

Cette eau, issue des calcaires crétacés, décèle l'influence des eaux sulfatées de Mesgarabad et des eaux bicarbonatées sodiques de Rey.

- Faciès (20) : $rSO_4 > rCl > rCO_3$ $rNa + K > rMg > rCa$
(diagramme 14, fig. 103).

Faciès isolé, toujours dans la zone de Mesgarabad. L'ordonnance des ions qui est normalement celle des eaux salées, est en contradiction avec la faible teneur en sels (458 mg/l).

4.3.7 - Les eaux chlorurées calciques.

Le nom de chloruré évoque les fortes salinités. Mais ce n'est pas toujours le cas.

La formule générale des eaux chlorurées calciques est :



- Faciès (21) : $rCl > rCO_3 > rSO_4$ et $rCa > rNa + K > rMg$
(diagramme 15, fig. 104).

Echantillon unique (n° 79) à concentration totale élevée (1570 mg/l).

- Faciès (22) : $rCl > rSO_4 > rCO_3$ et $rCa > rNa + K > rMg$
(diagramme 15, fig. 104).

Ce faciès est localisé dans une zone bien nette, située entre la ville et le piémont du Sépayeh. Les concentrations totales peu élevées (300 à 700 mg/l) ne permettent pas de penser à une simple évolution des eaux sulfatées ou des eaux carbonatées sodiques de l'Ouest. Les ions Cl sont-ils un signe de pollution ?

4.3.8 - Les eaux chlorurées magnésiennes.

$$rCl > rCO_3 \text{ ou } rSO_4 ; rCa + rMg > rNa + K ; rMg > rCa$$

Ces eaux sont associées à la zone magnésienne de l'Est de Rey. Elles sont donc bien localisées et représentent l'évolution normale des eaux carbonatées magnésiennes.

- Faciès (23) : $rCl > rCO_3 > rSO_4$ et $rMg > rNa + K > rCa$
(diagramme 16, fig. 105).

Le résidu sec est élevé : de 1100 à 1500 mg/l.

Le rapport rSO_4/rCl est inférieur à 0,4. Les chlorures ont nettement dépassé les ions sulfates.

Le rapport rMg/Ca est proche de l'unité.

Tout comme les eaux bicarbonatées magnésiennes, l'i.e.b. est positif. Les ions CO_3 conservent des valeurs moyennes.

HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU

d'après H. SCHÖELLER
et N. BERKALOFF

LEGENDE

Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohm/cm	dp	pH
————	79	21			
-----	21	22			
-----	126	22			
---o---	127	22			

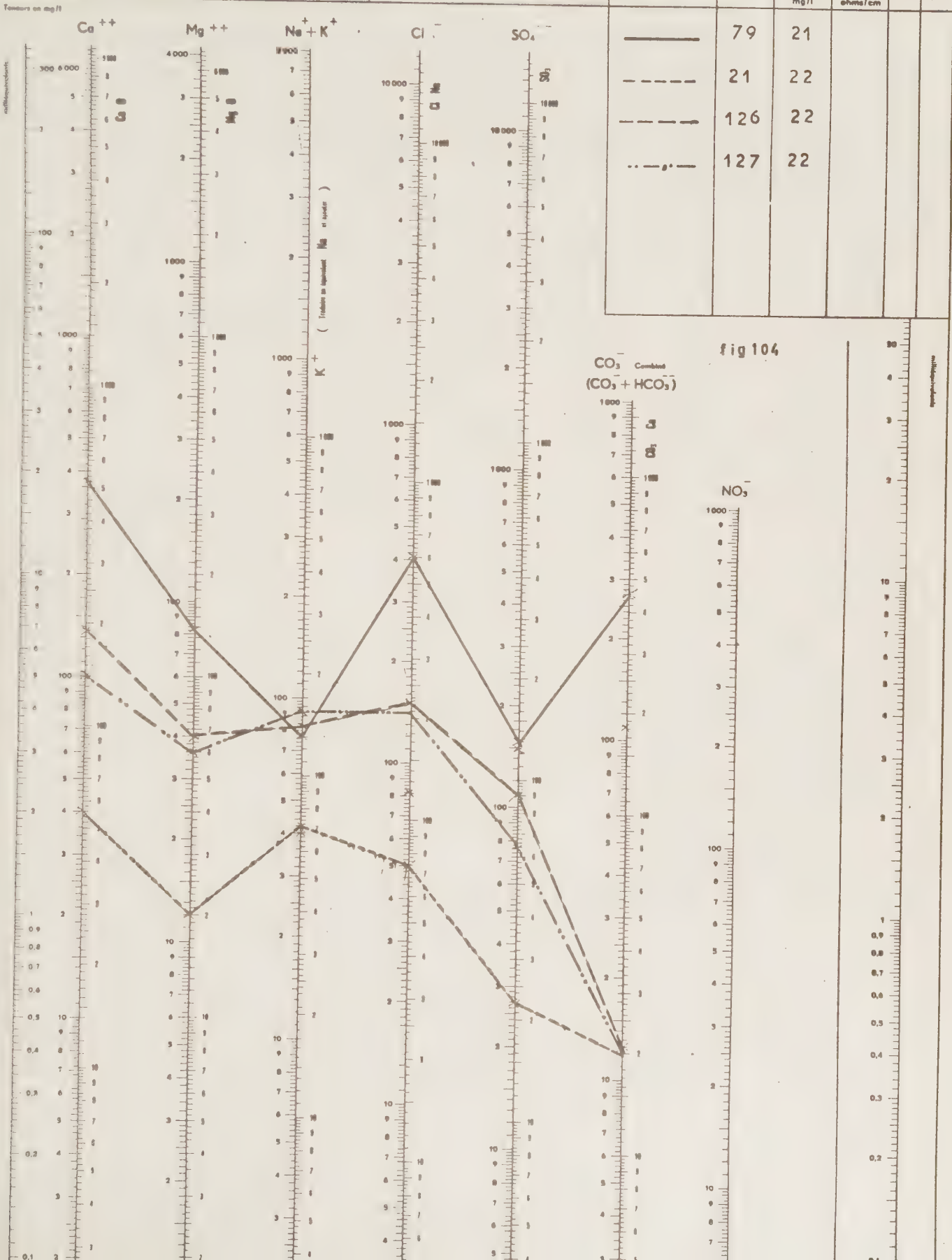


DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après H. SCHOELLER
et N. BERKALOFF

HYDROGEOLOGIE

LEGENDE

Figuré	n°	Rés. sec mg/l	p ohms/cm	dp	pH
—	144	23			
- - -	147	23			
- . -	146	24			

Teneurs en mg/l

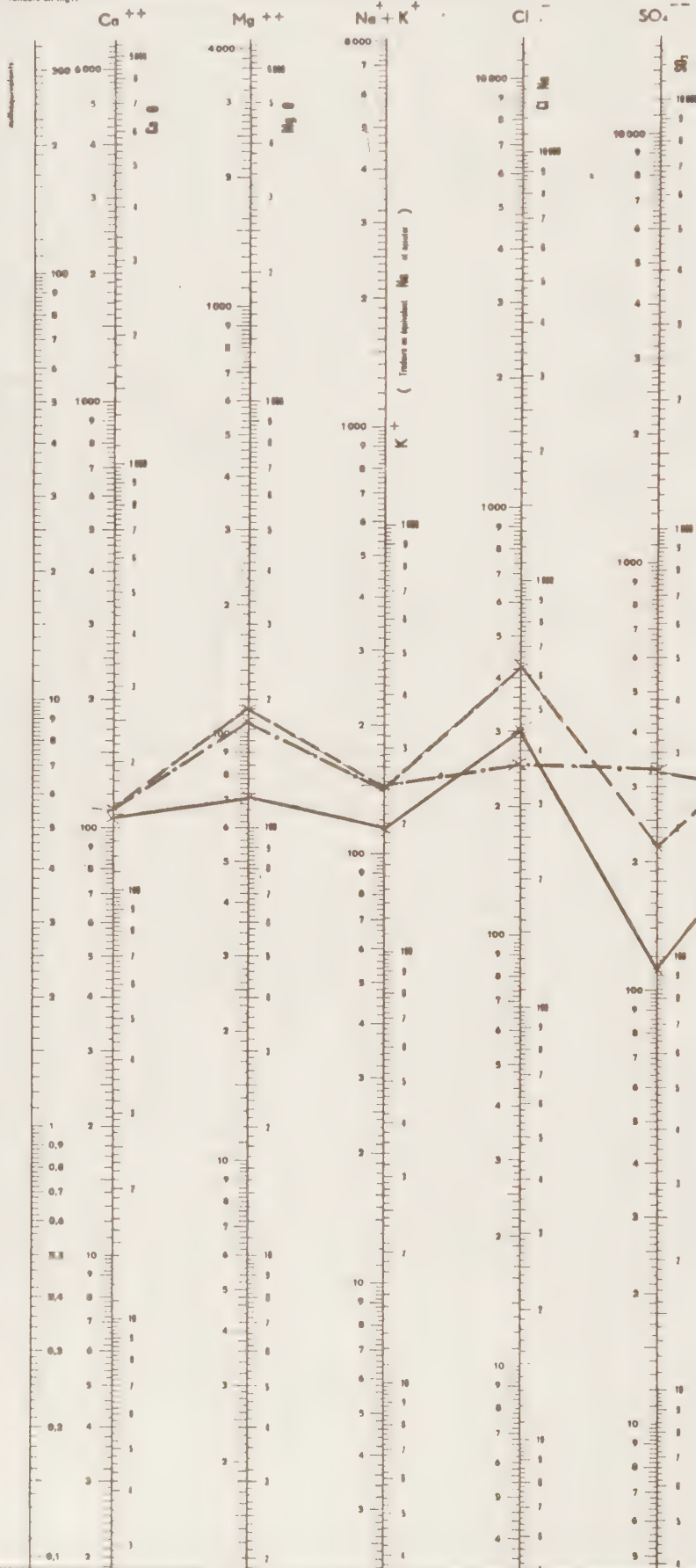


fig. 105

30

4

3

2

1

0.9

0.8

0.7

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

- Faciès (24) : $rCl > rSO_4 > rCO_3$ $rMg > rNa + K > rCa$
(diagramme 16, fig. 105).

Ces formules indiquent une évolution vers la salinisation. Le résidu sec atteint plus de 2650 mg/l.

L'i.e.b. est toujours positif, mais faible.

Le rapport rSO_4/Cl est presque égal à l'unité.

4.3.9 - Les eaux chlorurées sodiques.

Formule générale :

$rCl > rCO_3$ ou rSO_4 $rNa + K > rCa + rMg$

Ces faciès sont localisés dans l'extrême Sud de la région. Ils définissent approximativement la zone d'évaporation des eaux souterraines.

Les résidus secs atteignent leurs plus fortes valeurs.

Le rapport rSO_4/Cl est toujours inférieur à l'unité, et souvent à 0,5.

L'i.e.b. est toujours négatif, mais reste dans les limites normales, l'évolution des chlorures et des ions alcalins se faisant de pair. La concentration en carbonates et bicarbonates de calcium varie peu (entre 300 et 400 mg/l).

Il faut signaler aussi la constance de la concentration en sulfates vers 350 mg.

Cette tendance à la stabilisation des éléments est caractéristique des fortes concentrations. La composition des eaux s'uniformise et tend vers celle de l'eau de mer.

- Faciès (25) : $rCl > rCO_3 > rSO_4$ $rNa + K > rCa > rMg$
(diagramme 17, fig. 106).

Ce faciès est anormal et correspond au mélange d'eaux différentes dans un forage très profond (200 m).

- Faciès (26) : $rCl > rCO_3 > rSO_4$ $rNa + K > rMg > rCa$
(diagramme 17, fig. 106).

Il caractérise le Sud de la plaine de Kahrizak. Ce sont des eaux qui sont concentrées par dissolution à travers toute la région, par évaporation et par de nouvelles dissolutions qui impliquent des terrains salés d'origine.

Par suite, les concentrations atteignent des valeurs très fortes (13614 mg/l au puits n° 56).

Le rapport rSO_4/rCl est décroissant à cause de la valeur constante des ions sulfates.

Le rapport rMg/Ca est aussi croissant vers l'aval, mais faiblement.

- Faciès (27) : $rCl > rSO_4 > rCO_3$ $rNa + K > rCa > rMg$
(diagramme 18, fig. 107).

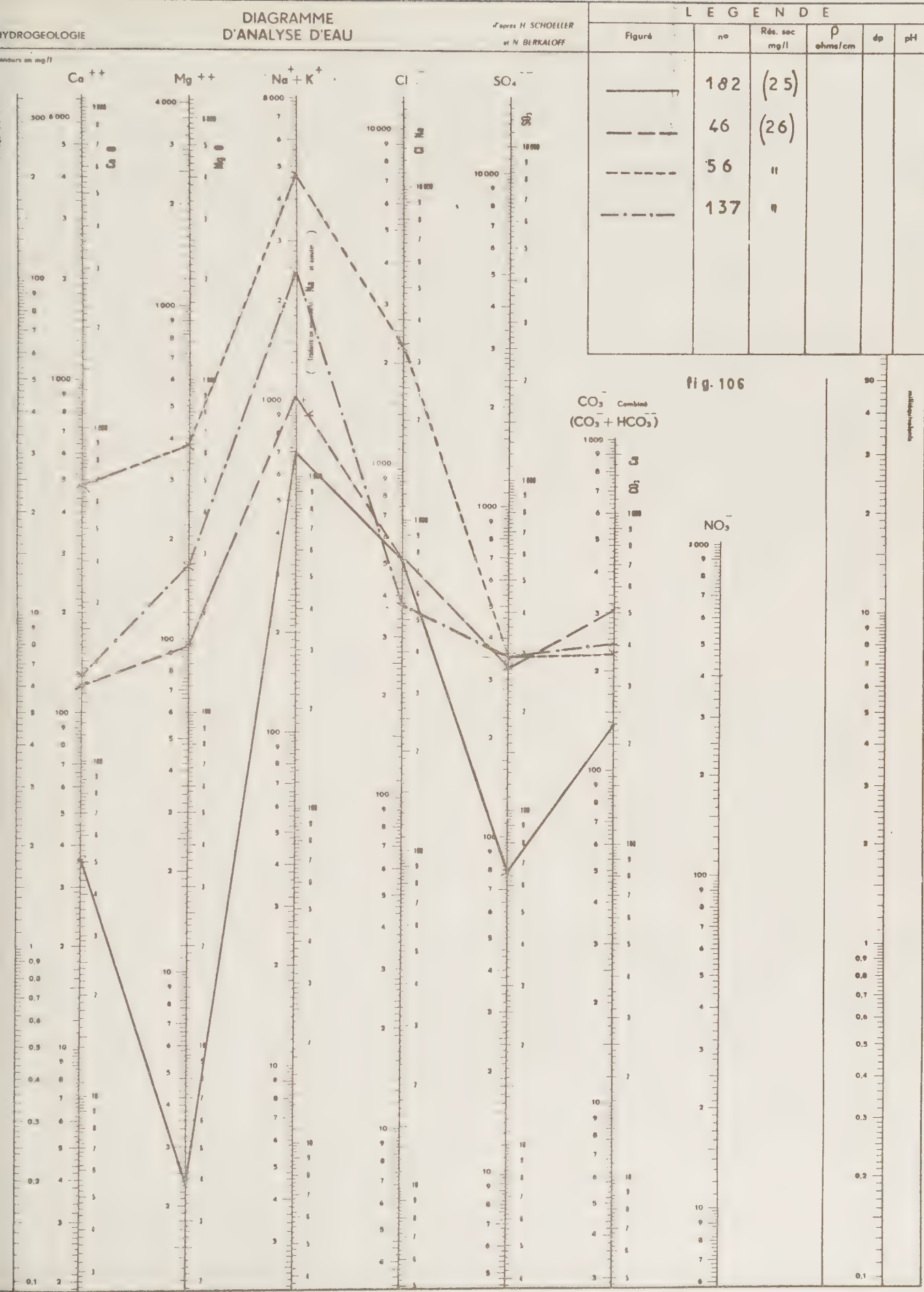
Le n° 123 à Mesgarabad représente un faciès anormal pour la région, (remontée d'eaux salées profondes ; profondeur du puits : 190 m).

L'échantillon (n° 139) est normal de par sa situation. Il a été prélevé dans le puits-mère d'un ghanat creusé dans les marnes miocènes, au Sud de Mehdiabad. Nous précisons que l'eau était courante dans la galerie.

Le résidu sec prend des valeurs très élevées : 48,072 mg/l ; le terrain est constitué par des marnes gypsifères et l'évaporation est très forte. Cette zone est d'ailleurs proche du kévir dont la sursaturation extrême se traduit par des croûtes de sel rapidement renouvelées. Le rapport des sulfates sur les chlorures est très faible (0,015).

- Faciès (28) : $rCl > rSO_4 > rCO_3$ $rNa + K > rMg > rCa$
(diagramme 18, fig. 107).

Cette formule correspond à la limite d'évolution de la composition de toute eau souterraine.



HYDROGEOLOGIE

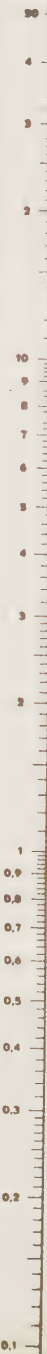
DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAUd'après H. SCHÖELLER
et N. BERKALOFF

L E G E N D E

Figuré	no	Rés. sec mg/l	ρ ohm/cm	dp	pH
—	123	(27)			
- - -	139	(27)			
- - -	189	(28)			



fig. 107



Un seul échantillon correspond à ce faciès (n° 189).
Il est situé dans la zone chlorurée de Kahrissak.

Il peut être qualifié de normal pour la zone intéressée.

4.4 - EVOLUTION DU CHIMISME DES EAUX SOUTERRAINES.

Dans l'énumération des faciès qui précède, nous avons fait souvent allusion à l'évolution de la composition chimique.

Certains faciès anormaux ont une origine complexe dépendant des conditions locales (pollution, mélanges dans des forages profonds) ; d'autres faciès anormaux correspondent à des états transitoires entre deux types de composition relativement stable et suivie. Certains échantillons présentent des caractères communs à deux faciès. Enfin, au sein d'un même faciès, il s'effectue une évolution par concentration.

4.4.1 - Evolution à l'échelle de la région.

Abstraction faite des conditions locales, la concentration augmente depuis les zones d'alimentation vers les exutoires.

L'absence d'une zone sulfatée entre les zones carbonatées et chlorurées nuit au schéma classique de la zonalité.

Si l'on passe sans transition des eaux bicarbonatées aux eaux chlorurées, c'est que des conditions locales perturbent l'évolution normale.

Les reliefs du Sud de la région qui servent de conditions aux limites pour notre étude, ne sont en fait, que des conditions de milieu. Ces reliefs s'interposent en un lieu où les faciès sulfatés devraient apparaître. La remontée du substratum, entraînant l'affleurement de terrains à comportement imperméable contenant de nombreux sels très solubles, et créant des conditions topographiques favorables aux émergences des eaux souterraines, introduit sur le trajet des eaux souterraines, des conditions qui accélèrent l'évolution du chimisme. Ainsi,

la convergence de facteurs défavorables est à l'origine d'une zone chimique sursalée, anormale dans la zonalité géographique régionale.

Les forts gradients des isocônes dans la zone Sud, imagent ce raisonnement.

4.4.2 - Géologie, géomorphologie et chimisme.

La zonalité chimique traduit certains traits d'ordre géologique.

Les zones d'alimentation, localisées dans les cônes de déjection fonctionnels contiennent des eaux bicarbonatées calciques.

Ces faciès se maintiennent dans les zones directement en relation avec ces cônes. Nous entendons par là, les masses alluviales anciennes, de lithologie peu différente de celle des cônes de déjection, qui occupent d'anciennes vallées creusées dans les glacis par des cours d'eau relativement importants.

Il en existe à l'aval du cône du Kan.

Ces masses alluviales bien délimitées permettent la propagation vers l'aval d'eaux de faciès assez constants et de concentration stable. L'isocône 500 descend très bas vers le Sud.

Par contre, la conservation des glacis anciens, dans le piémont comme dans la plaine, introduit un changement de faciès notable. La distinction, maintes fois répétée dans cette étude, entre ces deux grands types de zones géomorphologiques, explique aussi la "remontée" de la salinité, depuis le Sud et en direction de la ville.

Le passage des eaux bicarbonatées calciques, originaires des zones alluviales détritiques, dans les zones à lithologie plus fine (vitesse de circulation plus faible, surface de contact eau-sol plus grande ...) et localement salifères (glacis d'érosion, à substratum miocène), entraîne un changement de faciès net et rapide.

Le faciès bicarbonaté sodique est dû à des conditions d'ordre géologique. Les faciès magnésiens du Sud-Est de Rey et les faciès sulfatés de la périphérie du Sépayeh ont aussi des origines

d'ordre géologique. Les faciès chlorurés du Sud ont des origines tant climatiques que géologiques et que géomorphologiques, car les phases d'érosion ont favorisé le rapprochement de la surface des eaux souterraines avec celle du sol.

A cause de la prépondérance des facteurs géologiques sur les facteurs climatiques, il se crée des contradictions nettes entre les concentrations totales et la composition chimique.

4.4.3 - Evolution du chimisme au sein d'un même faciès.

Au cours de la description des faciès, nous avons donné les valeurs extrêmes des ions et des rapports caractéristiques. Ces valeurs traduisent dans quelles limites se font les variations des concentrations au sein d'un même faciès.

Nous avons illustré chaque faciès par des diagrammes de concentrations différentes. Certains de ces diagrammes sont suffisamment expressifs ; nous ne nous étendrons pas plus longtemps.

4.5 - CLASSIFICATION DES EAUX.

Les distinctions précédentes en grandes familles chimiques, puis en 28 faciès constituent déjà une forme de classification.

Nous utilisons la classification de SCHOELLER (1955) :

4.5.1 - Concentration en chlorures.

- La quasi totalité des eaux sont "chlorurées normales" à rCl inférieur à 10. En général rCl est < 5 .
- Quelques échantillons du Sud de la région sont oligo-chlorurés (à rCl de 40 à 15).

4.5.2 - Concentration en sulfates.

- Eaux hypersulfatées et sulfatées à $rSO_4 > 24$ néant,
- eaux oligosulfatées à rSO_4 de 24 à 6.

On en trouve dans la zone salée du Sud et Sud-Est, ainsi qu'à la périphérie du Bibi et du Sépayeh. Mais la valeur maximum de la région est 7,36 (n° 139). Pour tous les échantillons, la limite de saturation est loin d'être atteinte :

$$\left(\sqrt{(rSO_4)(rCa)} = 18,1 \text{ au maximum} \right).$$

- Eaux sulfatées normales à rSO_4 inférieur à 6.

Comme on peut le voir sur la carte des sulfates, la grande majorité des eaux de la région peut être placée ici. La valeur minimum est 0,18 (n° 85) rSO_4 est souvent inférieur à 2.

4.5.3 - La concentration en bicarbonates et carbonates.

- Eaux hyperbicarbonatées à $rHCO_3 + rCO_3 > 7$ appartiennent à cette catégorie les faciès 7, 8, 9, 12, 13, 21 et 26.

C'est-à-dire la zone chlorurée du Sud, les eaux bicarbonatées sodiques de Kahrizak, la zone magnésienne au Sud-Est de Rey, la zone de Téhéran Pars et du Sépayeh Nord (bicarbonatées sodiques) ; ainsi que les zones de Vanak-Davoudieh et de Rey.

Donc, d'une façon générale, les eaux les plus salées de la région.

- Eaux bicarbonatées normales à $rHCO_3 + rCO_3$ compris entre 7 et 2.

Sont dans cette catégorie les faciès 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 17, 18, 23, 24, 27 et 28.

Ce sont toutes les eaux bicarbonatées calciques, les eaux chlorurées magnésiennes (valeurs assez proches des eaux hypercarbonatées), certaines eaux très salées du Sud. Ce sont donc les eaux les plus répandues.

- Eaux bicarbonatées à $r\text{HCO}_3 + r\text{CO}_3$ inférieur à 2 : ce sont les eaux à faciès 14, 15, 16, 19, 20, 22.

Les eaux sulfatées calciques, les eaux sulfatées sodiques à $\text{Cl} > \text{CO}_3$ et les eaux chlorurées calciques forment la majorité de cette classe.

Ainsi, alors que les eaux du Sud et du Nord de l'Anti-Elbourz ont des valeurs très fortes en ions carbonatés, la zone aquifère située à l'Ouest de ce massif est faiblement carbonatée.

4.5.4 - L'indice de déséquilibre chloro-alcalin.

La grande majorité des eaux de la région a un indice négatif, c'est-à-dire que les ions Cl sont souvent en minorité devant les ions Na.

Toutefois, certains groupes d'eaux bien définis possèdent un indice positif.

Ce sont les eaux bicarbonatées calciques situées au Nord de Dochan Tappeh, les eaux chlorurées calciques de l'Est de la ville et les eaux magnésiennes de Rey.

4.6 - QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES.

Il existe de nombreuses classifications des eaux au point de vue de la potabilité.

Les classifications en usages en France ou dans les pays Européens sont trop exigeantes sur la qualité des eaux. Toutefois, l'eau d'alimentation de la ville, distribuée par des conduites, à partir de l'usine de traitement de Djalalieh (eau venant de la rivière Karadj) est une eau de "potabilité bonne, de première qualité" d'après la classification de G. WATERLOT. A titre documentaire, nous donnons les maxima des teneurs en ions observés de septembre 1961 à Janvier 1963, après analyse sur les eaux traitées. Ces maxima n'ont d'ailleurs pas étaient dépassés jusqu'en Août 1964.

Tableau XI - TENEURS MAXIMALES DES CONCENTRATIONS EN IONS,
DE L'EAU D'ALIMENTATION DE LA VILLE DE TEHERAN
(d'après l'Office de l'Eau de Téhéran)

Résistivités (ohms/cm)	4347
pH	8,22
Alcalinité au méthylorange (mg/l CO_3Ca)	120
Dureté totale (en mg/l de CO_3Ca)	174
Na (Mg/l)	28
K (mg/l)	5
Ca (mg/l)	57,2
Mg (mg/l)	13,10
Fer	0
Fluor (mg/l)	0,9
Cl (mg/l)	17
SO_4 (mg/l)	44,16
Silice	12
Oxygène (mg/l)	10
Total des sels solubles à 180°	249
CO_2 libre (mg/l)	12,5

Pour les pays de la zone aride ou semi-aride, SCHOELLER (1937) propose une classification plus adaptée aux conditions locales, (tableau XII a).

Dans les limites de cette classification, la quasi totalité des eaux de la région de Téhéran est potable, de potabilité permanente.

Mais, il y a lieu de préciser que l'échantillon n° 139 est impotable en raison des trop fortes concentrations de chacun de ses constituants. Il n'est ni potable pour l'homme, ni pour les animaux quels qu'ils soient, ni pour l'irrigation. Les échantillons n° 56, 137, 140 sont impotables en raison de leurs fortes teneurs en ions sodium.

Ces eaux sont recueillies dans des puits en exploitation dans les zones déshéritées du Sud. Toutefois, l'attention est attirée sur les dangers encourus par la consommation permanente de ces eaux.

Tableau XII - CLASSIFICATIONS DES EAUX D'APRES LEUR POTABILITE

Classe de potabilité absolue	Na mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	dh	rCa + rMg
1 - Potabilité permanente, eau bonne, sans saveur particulière.	115	177,5	144	25	5
2 - Potabilité permanente, eau passable, à saveur faiblement perceptible.	230	355	288	50	10
3 - Potabilité permanente eau médiocre, saveur peu prononcée.	460	710	576	100	20
4 - Potabilité permanente, eau mauvaise, saveur peu désagréable.	920	1420	1152	200	40
5 - Potabilité momentanée, eau mauvaise, saveur désagréable.	1840	2840	2304	400	80
6 - Impotabilité si supérieure à	1840	2840	2304	400	80

Tableau XII a - CLASSIFICATION DE H. SCHOELLER (1937)

Tableau XII b - Classification de G. BOGOMOLOV

Qualité des eaux souterraines	Résidu sec en mg/l	Dureté totale m.e.	Cl - (mg/l)	SO ₄ (mg/l)
Douce, bonne	1000	7	150	300
Faiblement salée	2500	14	500	800
Assez salée	3500	20	700	1200
A la limite de salinité	4000	25	1000	1400
A la limite de salinité pour le bétail	6000		2500	2500

Tableau XII c - Classification de V. KOUNINE (1944).

Potabilité pour les humains.

Qualité de l'eau	Résidu sec mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
Bonne	1500	400	150	75	600	600
Satisfaisante	2000	500	250	125	700	805
Passable	2500	700	300	125	800	900
Mauvaise	3000	800	350	150	900	1000

Tableau XII d - Classification de V. KOUNINE

Eaux consommées par les animaux.

Qualité de l'eau	Résidu sec mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
Bonne	3000	800	350	150	900	1000
Satisfaisante	500	1500	700	350	2000	2500
Passable	7000	2000	800	500	3000	3000
Passable au besoin (été)	10000	2500	900	600	4000	4000
Passable au besoin (hiver)	15000	4000	1000	700	6000	6000

Le puits n° 140 est situé à Baquerabad de Kahrizak, dans une zone où il n'y a pas lieu de se méfier, outre mesure.

Les échantillons n° 46, 138 et 189 sont situés dans la classe 5 de "potabilité momentanée, eau mauvaise, à saveur désagréable", en raison de leur teneur en sodium.

Toutes les autres eaux ont une potabilité permanente. Certaines, tout en étant potables, sont mauvaises : n° 132, 136, 182 et 190, en raison de la teneur en sodium.

La dureté excessive peut nuire à certaines eaux (n° 79 et 137). Il est à remarquer : toutes ces eaux mauvaises sont situées dans le Sud, où l'on a l'habitude de juger les eaux à leur juste valeur. Par contre, dans le piémont, il existe des eaux mauvaises, au contact des formations anciennes (n° 79) et proches d'eaux très bonnes.

Les teneurs en chlore et en sulfates ne sont jamais des facteurs limitants.

Ce sont les fortes concentrations en sodium qui rendent les eaux impropres à la consommation.

De par la dureté, sont douces les eaux bicarbonatées calcaïques en général (piémont), moyennement dures à dures les eaux bicarbonatées sodiques des glaciers anciens, dures à très dures les eaux salées du Sud, du Sud-Est, certaines eaux de la ville et des collines du piémont de Téhéran (voir carte des duretés, fig. 83).

En somme, dans la classification de SCHOELLER, presque toutes les eaux sont bonnes, ou passables (la majorité), ou médiocres. Les autres eaux sont des exceptions que nous avons citées ci-dessus. La classification de BOGOMOLOV (90) sur la qualité des eaux souterraines, établie pour les régions subarides et arides du Kazakhstan et de l'Asie Centrale, donne des limites sensiblement les mêmes que celles de SCHOELLER (tableau XII b).

V. KOUNINE (150) donne aussi une classification des eaux potables basée sur l'expérience pratique des habitants des déserts de l'Asie (1947) (tableau XII c).

Cette classification est dans l'ensemble plus sévère que celle de SCHOELLER, c'est-à-dire que les limites supérieures de salinité, sont plus faibles. Les eaux ayant une teneur supérieure à 5 à 6 g/l ne

peuvent être consommées qu'exceptionnellement. Des troubles peuvent apparaître au bout de quelques jours. Par contre, les animaux peuvent boire des eaux de 15 à 20 g. En hiver, les chameaux et les moutons peuvent boire l'eau de la mer Caspienne (15 g/l).

Dans le Sud de Téhéran, on s'abstient de boire des eaux salées. Mais la consommation par les paysans d'eaux chargées à 3 g/l est chose courante. De 3 à 5 g/l, l'eau est employée pour l'alimentation du bétail et de la volaille. Les animaux nouveaux nés ne supportent pas toujours ces concentrations, notamment les poussins que l'on doit abreuver avec l'eau amenée de Téhéran.

Nombreuses sont les plantes qui supportent des salinités de 5 g/l. Dans le Sud de Téhéran, le coton, le maïs, la luzerne, les épinards, le céleri, les poiraux, les melons, ... poussent facilement ainsi que de grands pins et grenadiers.

Les fleurs ornementales ont des difficultés à survivre. Il semble que certains animaux supportent de très fortes salinités. Au printemps, nous avons pu voir frétiler une multitude de jeunes têtards dans des flaques d'eau jaunâtres, sursaturées en sels, aux bordures ceinturées par des croûtes salines (fig. 1, pl. 112).

D'après M. PLOTNIKOV (112), pour le refroidissement des moteurs, la dureté totale ne doit pas dépasser 8 milliég./l (400 mg/l ou 40° Français). Donc, une grande partie des eaux de Téhéran sont nuisibles pour les moteurs, y compris les eaux souterraines de la ville.

Nous avons consigné sur une carte "des potabilités" ces différentes observations (fig. 108).

L'élévation du degré hydrotimétrique correspond à une consommation supplémentaire et inutile de 10 g de savon, par litre. En ville, cette consommation peut varier du simple au quintuple.

En conclusion, les meilleures eaux de la région de Téhéran, sont celles qui sont contenues dans les cônes de déjection du piémont. Comme au niveau de la ville, il faut craindre des pollutions, on peut limiter la zone des meilleures eaux à la région du Kan.

Légende de la figure 108 - CARTE DE POTABILITE DES EAUX SOUTERRAINES DE
LA REGION DE TEHERAN
(Classification de H. SCHOELLER)

- 1 : Eaux bonnes.
- 2 : Eaux passables.
- 3 : Eaux médiocres.
- 4 : Eaux mauvaises mais de potabilité permanente.
- 5 : Potabilité momentanée.
- 6 : Eaux non potables.
- 7 : Limite de dureté admissible pour le refroidissement des moteurs.

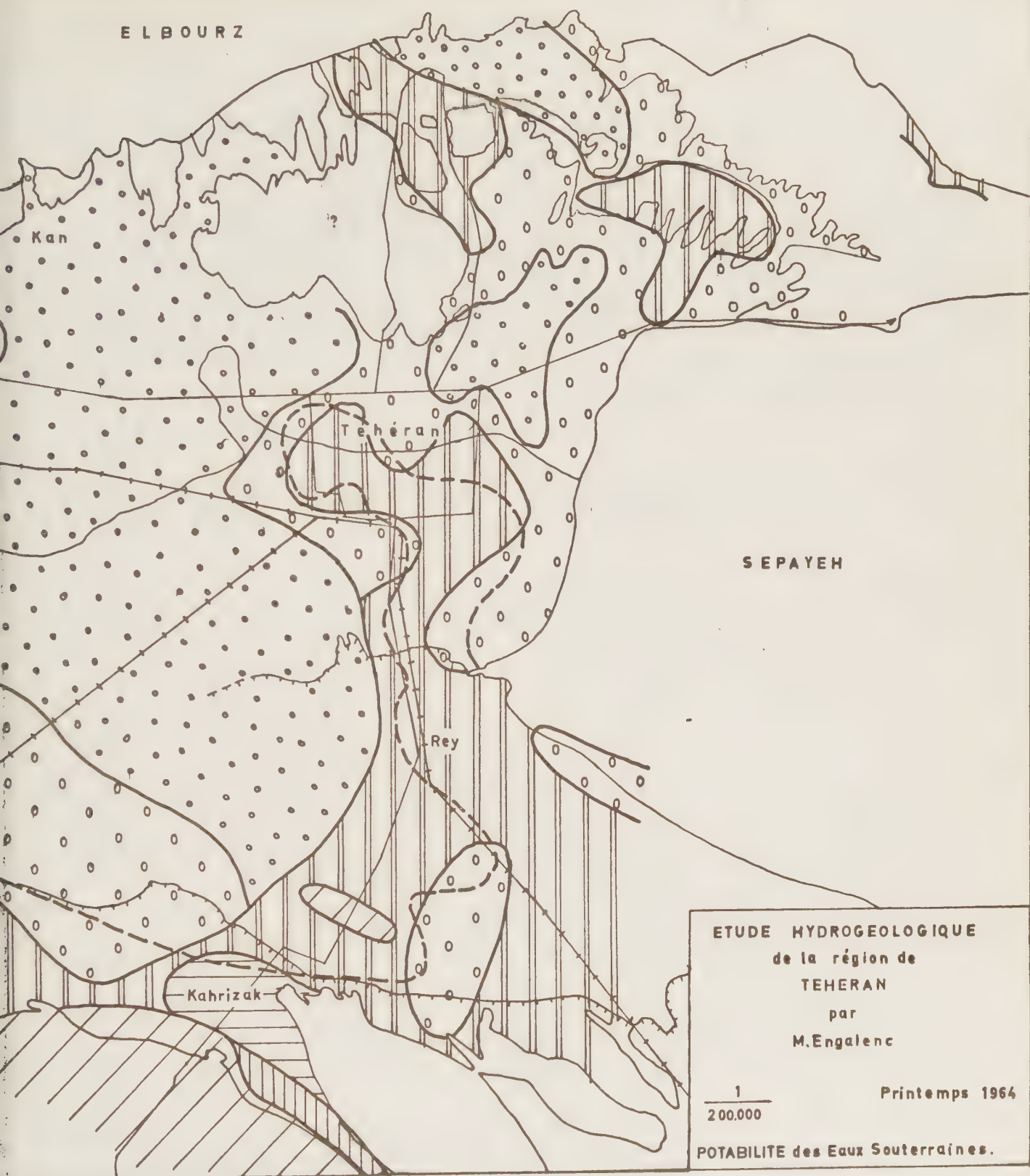


fig. 106



4.7 - LA POLLUTION A PARTIR DES SURFACES BATIES.

L'évacuation des eaux usées s'effectue par des puits "sans fond", creusés à la main, de 75 à 100 cm de diamètre, de quelques dizaines de mètres de profondeur. Il n'existe nulle part d'égoûts. Il y a de un à trois puits perdus par maison. En ville, le fond de ces puits est assez loin de la surface des eaux souterraines. Mais, dans la dépression de Davoudieh-Golak par exemple, il y a localement une injection directe. Le pouvoir filtrant des terrains traversés se réduit à peu de choses.

Un rapide calcul, quoique d'apparence simpliste, va permettre d'évaluer l'importance de la pollution.

On suppose la population de Téhéran à 2 millions (plus de 2.600.000 en 1966). L'homme excrète en moyenne 1,5 l d'urine. L'urine contient 18 g/l de sels minéraux, dont 10 g de CINa.

Urée	22 g/l
Acide urique et urates	1 g/l
composés ammoniacaux . .	0,7 g/l

Dans une année, deux millions d'êtres humains sont capables de produire :

20.000 TONNES	de sels minéraux,
11.000 TONNES	de CINa,
1.100 TONNES	d'acide urique,
365 TONNES	de composés ammoniacaux.

Le volume d'urine excrété est de 1.000.000 de m³/an.

Comparons ces valeurs avec les apports depuis l'usine de traitement de Djalalieh (eaux du Karadj, distribuées par des canalisations).

Volume distribué	60 millions de m ³ /an,
Salinité totale moyenne	190 mg/l,
Sels minéraux "importés"	11.500 tonnes.

Les ghanats amènent environ 30 millions de m³/an d'eau à Téhéran, eau provenant des cônes (salinité moyenne : 300 mg/l). L'apport de sels minéraux par les ghanats est donc de 9000 tonnes. Les sels transportés par les eaux pompées dans les aquifères situés sous la ville sont estimés à 30.000 tonnes/an (60 millions de m³ à 500 mg/l

en moyenne). Il y a 70.000 tonnes de sels mis en circulation. Si à celà, il faut ajouter les déchets humains solides, les eaux usées domestiques et industrielles ...

Nous rappelons que l'urine est un liquide légèrement plus dense que l'eau ; par gravité, la pollution peut impliquer les couches inférieures des eaux souterraines. Le pH des urines est légèrement acide ; on peut expliquer en partie les faibles valeurs du pH observées localement dans les échantillons prélevés en ville. Certaines eaux bicarbonatées, de faible résidu sec, présentent un "clocher" prononcé dans la concentration en sodium ; la pollution peut en être l'origine.

4.8 - CONCLUSION SUR LES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES DE LA REGION DE TEHERAN.

L'étude des propriétés chimiques des eaux souterraines et de la répartition des faciès chimiques, apporte quelques confirmations aux hypothèses géologiques et géomorphologiques formulées dans les chapitres précédents.

L'inégale répartition des masses alluviales entraîne celle des masses d'eaux souterraines et par suite une forte distinction dans la répartition des faciès chimiques. Les zones alluviales récentes et modernes qui représentent de bons aquifères, sont saisonnièrement alimentées par l'infiltration des eaux de crues, comme le confirment les faibles concentrations de ces eaux. Par contre, les glacis anciens que nous avons isolés de par leur origine et la nature de leurs matériaux, des zones directement alimentées par les épandages de crues, sont caractérisés et individualisés par des faciès chimiques différents. Le chimisme de l'eau est sensible aux conditions de milieu et de bordure.

Un schéma hydrogéochimique au 1/100.000 hors texte est joint à cette étude.

* *

*

5.- LES MOYENS D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

Il existe deux types d'exploitation des eaux souterraines : les galeries souterraines ou ghanats, qui sont des moyens traditionnels encore en usage et les puits ou forages qui sont très récents. Les galeries drainent depuis des siècles, voire des millénaires la partie supérieure des eaux souterraines. Par contre, les puits vont chercher l'eau à de grandes profondeurs, et sont capables d'extraire de grands volumes d'eau.

5.1 - LES MOYENS DE PUISAGE RECENTS.

D'une façon générale, les puits n'existent dans la région de Téhéran que depuis une quinzaine d'années. Cela tient à des facteurs techniques, économiques et à l'évolution des idées.

La mauvaise organisation de la propriété, la profondeur des eaux souterraines, le manque de moyens de puisage de grande puissance, et l'ignorance de la notion de rendement, contribuaient à l'absence de ce type d'exploitation.

5.1.1 - Les puits profonds.

Il y a moins d'une quinzaine d'années, la municipalité de Téhéran entreprit le forage d'une centaine de puits profonds, répartis dans toute la ville. Les collectivités, les entreprises privées et les organismes possédant les capitaux suffisants, puis les particuliers aisés du Nord de la région, se sont lancés dans le creusement de puits profonds. Ces forages par percussion, ont en général 100 m de profondeur. Il existe quelques puits dépassant 200 m. Ils sont tubés sur toute la longueur. La colonne métallique a un diamètre de 12 pouces, parfois 10. Il n'y a pas de tubage télescopique. Le diamètre est constant sur toute la longueur. La colonne est enfoncée tronçon après tronçon par battage.

Invariablement, la colonne est crépinée sur toute sa longueur, ou du moins du fond jusqu'à la hauteur piézométrique. Les crépines sont toutes du même type, en fentes

longitudinales parallèles, tracées au chalumeau avec la largeur d'une lame de couteau.

D'une façon générale, l'indice des vides est insuffisant, ce qui provoque des pertes de charges considérables dans les formations grossières. Des chûtes de niveaux anormales rendent trop souvent ces forages coûteux pratiquement inutilisables.

Les colonnes bâttues ne peuvent plus être remontées afin de développer les crépines.

Ce type de puits capte donc sur toute la longueur du tubage. On se représente les dangereux effets de tels puits sur les autres moyens d'exploitation superficiels.

Des pompes immergées du type turbine à étages, actionnées par des groupes électriques ou diesel impressionnants, sont capables de fournir des débits atteignant souvent 100 l/s, avec un niveau dynamique situé parfois à plus de 100 m.

Ces puits, en quelque sorte standardisés, sont de plus en plus répandus, et chaque village se veut d'en posséder un. Ces puits portent le nom de "Tchah Amir" (puits profond) ou de puits "artésien", ce qui est regrettable.

5.1.2 - Les puits creusés à la main.

Il existe une autre catégorie de puits, les "Tchah dasti" ou les "Tchah nim amir".

Ces puits sont tous creusés à la main, avec un diamètre allant de 75 à 100 cm. Les moyens de creusage sont rudimentaires. Les cages à écureuils qui servent à remonter les déblais les signalent de loin.

Les "tchah nim amir" sont les puits "demi-profonds" dont la profondeur peut varier de 30 ou 40 m à 60 m ou 80 m. Nous connaissons des puits creusés à la main atteignant 120 m, (bains publics situés près de la place Fouzieh).

Ces puits sont rarement maçonnés, sauf les quelques premiers mètres. Ils sont dotés de pompes plus faibles, refoulant des débits généralement inférieurs à 30 l/s, le diamètre de refoulement

Légende de la figure 109 - EXEMPLE DE PUIITS SEMI-PROFOND DE LA PLAINE
LIMONEUSE DE TEHERAN

- 1 : Puits principal.
- 2 : Puits du moteur et de la pompe.
- 3 : Puits d'échappement des gaz.
- 4 : Puits intermédiaires de la galerie drainante.
- 5 : Escalier d'accès à la salle des machines.
- 6 : Moteur et pompe.

Légende de la figure 110 - EXEMPLE DE GHANAT SE TERMINANT PAR UN RESERVOIR
(ABAMBAR)

La rampe d'accès s'ouvre par un iwan.

Légende de la figure 111 - EXEMPLE DE GHANAT SE TERMINANT PAR UN ABAMBAR
RECOUVERT PAR UNE COUPOLE SUPPORTANT DEUX CHE-
MINEE DE VENTILATION

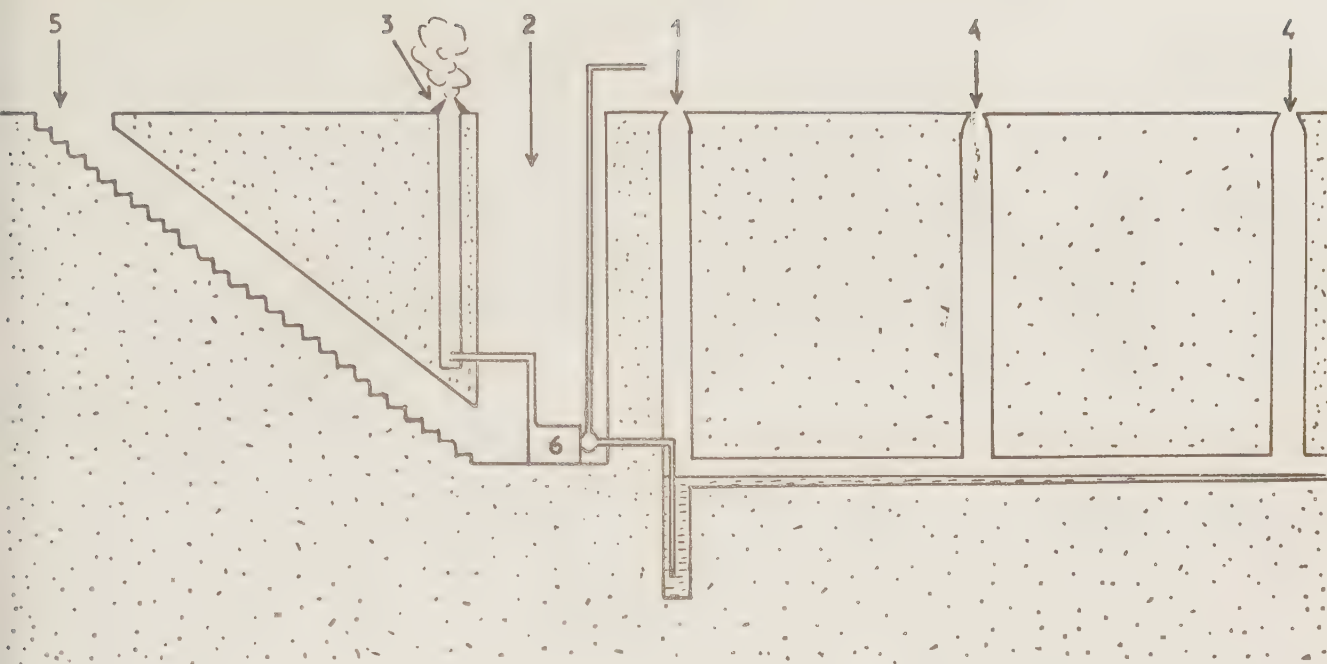


fig.109

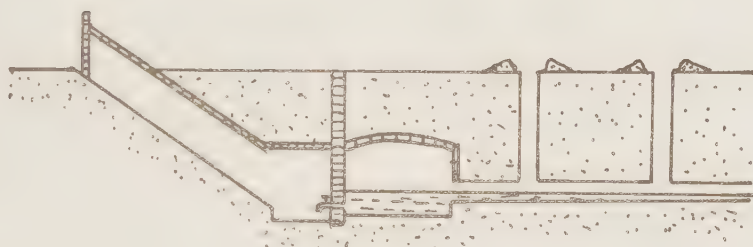


fig.110

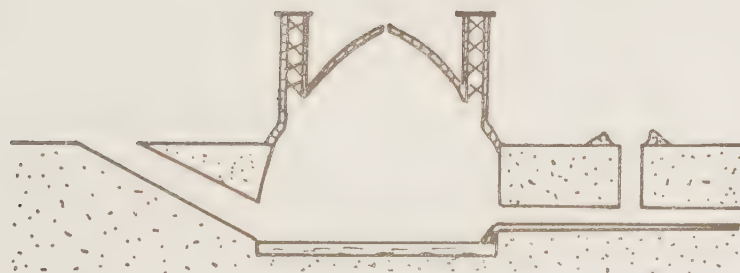


fig.111

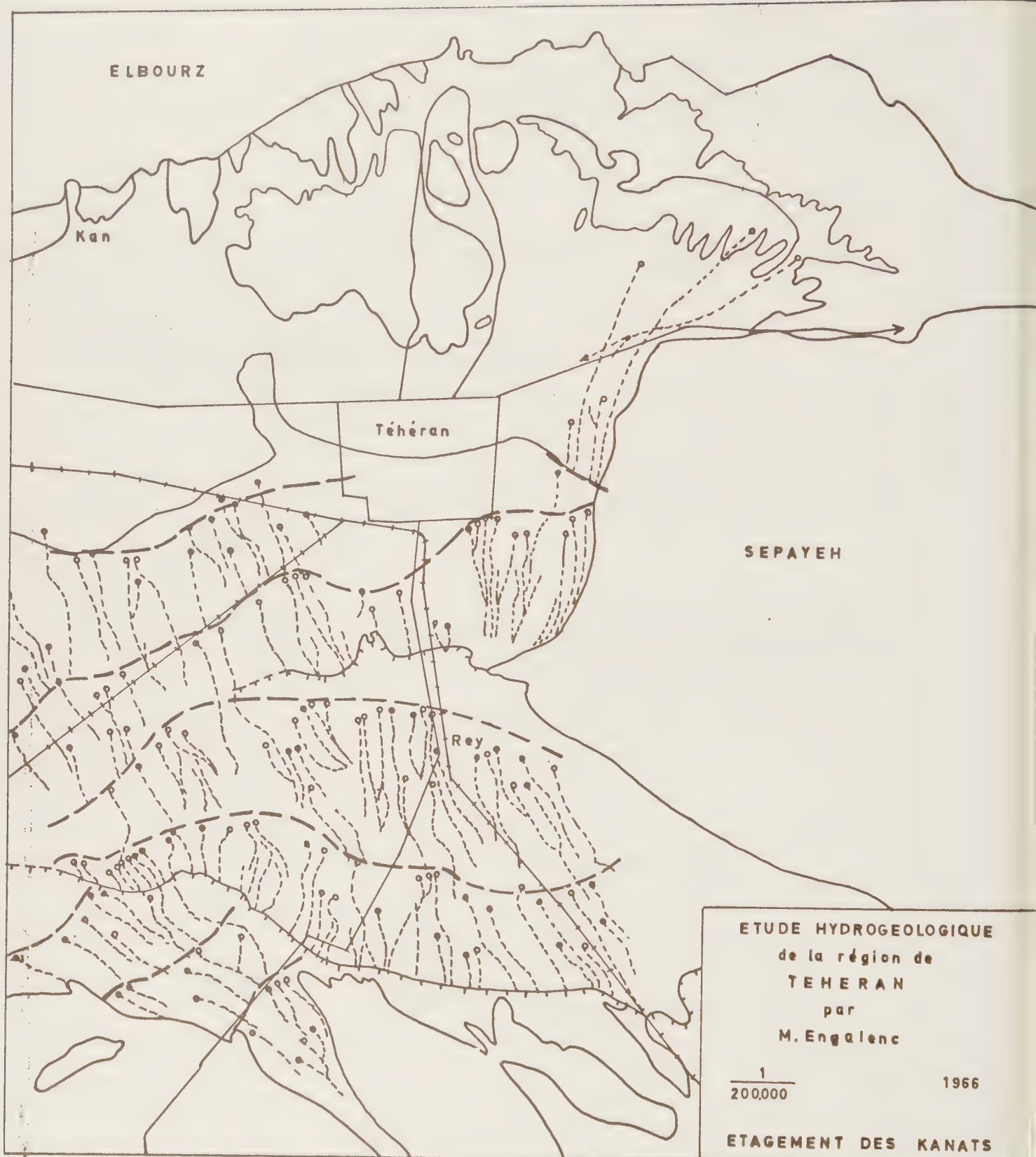


Fig.112

n'est souvent que deux pouces.

Ces puits sont répandus dans toute la région en raison du peu de cherté de la main d'oeuvre locale. Il existe un prix forfaitaire assez faible pour la longueur du puits stérile. Les prix augmentent et sont calculés au mètre dans la zone de saturation. Il est rare que la hauteur de l'eau dans le puits dépasse 2 m.

Les "tchah dasti" sont les puits peu profonds. Ils ont de 5 à moins de 30 m. Ils sont localisés naturellement dans les zones où la surface de l'eau est peu profonde. Par suite, ces puits sont fréquents dans le Sud. Mais on en trouve dans des zones privilégiées comme la dépression de Golak-Davoudieh. Ces puits collectent de faibles quantités d'eau. Il est fréquent qu'une ou plusieurs galeries rayonnantes du type ghanat, fournissent un apport supplémentaire.

Les puits creusés à la main pénètrent les niveaux aquifères sur de faibles épaisseurs ; les amplitudes annuelles ou interannuelles suffisent pour les assécher. Ils sont fortement influencés par les forages profonds. Ce sont ces puits que l'on doit recreuser annuellement dans le piémont de Téhéran (Chémiran).

Il en existe des milliers dans le piémont de Téhéran (un dans chaque maison à Davoudieh, Golak, Darrous, etc ...).

5.2 - LES GALERIES SOUTERRAINES OU GHANATS.

5.2.1 - Historique.

Les ghanats sont en Iran ce que sont les foggaras en Algérie (VIIème siècle), les rhettaras du Maroc, les Karez d'Afghanistan, les Kiagriz du Sin-Kiang, les Chegga du Hodna ...

L'origine de ces galeries drainantes est partagée entre les Chinois et les Iraniens. D'après V.A. KODVA (150), un système de ce genre fonctionnait déjà sous la dynastie Han, dans le Chan-Si. La dépression de Turfan (Sin Kiang) est creusée par 2500 km de galeries. "C'est là une réalisation aussi grandiose que la Grande Muraille de Chine".

Mais les ghanats Iraniens semblent avoir une origine très ancienne. Le palais de Persépolis a certainement été alimenté par ghanats vers 500. avant J.C. Leur grand développement a eu lieu avant l'ère Islamique.

On trouve des ghanats dans tout l'Iran aride ; on en trouve aussi dans le Sud de l'U.R.S.S. (Turkménistan, Azerbaïdjan).

5.2.2 - Définition et description.

Un ghanat est une galerie souterraine qui draine les eaux souterraines situées en général dans les piémonts pour les amener par gravité à un point situé plus bas, dans une zone dépourvue d'eau (ou ayant des eaux salées). Mais il existe des ghanats dans des zones planes.

Des puits verticaux sont creusés sur le trajet de la galerie (tous les 30 m environ). Ils servent à l'aération de la galerie et à la remontée des déblais ou de la vase.

Le puits situé le plus en amont est le "puits-mère" (Madar Tchah). Vers l'aval, la galerie s'ouvre sur la "source" qui est à ras du sol. La "source" est souvent dans la propriété ou le village même ; mais, l'eau peut être amenée par un canal depuis la source jusqu'au lieu d'utilisation.

Le diamètre de la galerie est faible (il permet seulement le passage d'un homme accroupi). La profondeur des puits verticaux varie beaucoup : de 2 à plusieurs dizaines de mètres. C'est naturellement le puits-mère qui est le plus profond. Toutefois, certains ghanats traversent en ligne droite des reliefs, ce qui a pour effet d'accroître la profondeur de la galerie. Dans la plaine de Téhéran, les puits-mère pénètrent de quelques décimètres le premier aquifère, c'est-à-dire que leur profondeur dépasse rarement 40 mètres. Dans le Sud de la plaine, cette profondeur se réduit à 5 ou 6 m. Dans le piémont, le fond du puits-mère peut être plus profond ; toutefois, les ghanats du piémont ne drainent pas en général les aquifères profonds, mais l'eau contenue dans les alluvions récentes des thalwegs. Dans certaines parties de l'Iran, le puits-mère peut atteindre 200 m (250 m à Gounabé dans le Khorassan d'après A. EGHBALI, 99). Dans les limites de la région utilisée, nous avons dénombré quelques 300 ghanats ou branches majeures de ghanats. Ceci représente environ 875 km de galeries horizontales. Si l'on compte un puits vertical tous les 50 m, il doit y avoir environ 17.500 puits verticaux. En prenant

pour longueur moyenne d'un puits 10 m, aux 875 km de galeries, il faut ajouter 175 km de puits verticaux.

Le total représente le nombre de km creusé, soit 1000 km. D'après ces chiffres, la longueur moyenne d'un ghanat est de 3 km. Dans la région de Téhéran Pars, quelques ghanats atteignent 10 à 12 km. A l'Est de Rey, les ghanats ont environ 5 à 6 km. Le ghanat le plus long de la région est celui du "Scha", qui débute vers Karadj et qui aboutit au Nord de la ville.

5.2.3 - Les ghanats dans le piémont de Téhéran.

Il y a peu de ghanats dans le piémont de Téhéran. La raison en est fort simple : les eaux souterraines sont trop profondes. Dans l'ensemble, les ghanats drainent de faibles quantités d'eau contenues dans les poches alluviales modernes situées dans les thalwegs qui incisent les alluvions plus anciennes (ex. Hezardareh).

Ces ghanats ont de faibles débits et certains sont saisonniers. D'autres ghanats drainent les bordures de cônes (Nord du piémont).

Il y a rarement des puits-mère dans les cônes de déjection importants en raison de la grande profondeur de la surface piézométrique. Les ghanats qui s'alimentent dans les dépressions synclinales du piémont sont plus réguliers et donnent des débits intéressants. Mais il sont aussi profondément influencés par les pompages.

Les ghanats du piémont sont isolés les uns des autres, sauf dans la région de Téhéran Pars, car ils alimentent depuis très longtemps l'Est de la ville et vont parfois jusqu'à l'antique Rey.

5.2.4 - Répartition des ghanats dans la plaine.

La plaine limoneuse représente le domaine des galeries souterraines en raison de la moindre profondeur des eaux souterraines, de la présence des sols cultivables, et de la faible dureté du terrain.

Chaque village possède un ou plusieurs ghanats. Une ferme isolée ou un enclos emmuré est aussi desservie par un ghanat. Un même ghanat peut d'ailleurs alimenter plusieurs fermes. En général, plu-

sieurs ghanats d'origines diverses, aboutissent à un même village, ou à un ensemble de champs cultivés. L'eau est répartie par des rigoles.

A l'aval des grands cônes de déjection, comme celui du Karadj ou du Djadjeroud, les ghanats sont alignés suivant les génératrices du cône, et sont imbriqués d'une façon qui semble anarchique, tout en restant plus ou moins parallèles.

Mais, dans la plaine de Téhéran, les galeries surmontées de multiples cratères de déblais (grande analogie avec des taupinières), sont disposées d'une façon très particulière qui mérite l'attention. Les ghanats peuvent se regrouper en plusieurs zones distinctes qui s'étagent de l'amont vers l'aval.

Ces zones sont obtenues en joignant les puits-mères d'une même région, ainsi que les débouchés entre eux.

On obtient ainsi 5 zones distinctes allongées d'Ouest en Est (voir la carte des étagements des ghanats, fig. 112). Il existe deux groupes de ghanats sur le glacis de Rey, deux sur le glacis de Kahrizak; la plaine de Kahrizak s'individualise par le changement de direction des ghanats. On peut encore distinguer deux à trois sous zones dans la plaine de Kahrizak.

5.2.5 - Conséquences de l'étagement des ghanats.

Cette remarque est riche de conséquences :

- l'étagement des glacis sert de "niveaux de base" à chaque série de ghanats. Un glacis est ainsi souvent irrigué par les eaux drainées dans le glacis supérieur à lui.
- Ce système, d'origine morphologique, facilite en quelque sorte l'écoulement des eaux dans les galeries, chaque rupture de pente amenant la galerie à ras au sol.
- Les puits-mère d'un groupe drainent les eaux infiltrées à partir de l'épandage constant des eaux du groupe de ghanats immédiatement en amont.
- Il y a ainsi récupération et rejet en cascade des eaux douces captées initialement à la base du piémont.

- Ceci a pour conséquences, localement, d'introduire des eaux relativement peu salées dans des zones où les eaux souterraines sont salées. C'est le cas notamment pour la plaine de Kahrizak, qui, quoique pourvue en eaux souterraines, utilise les eaux des ghanats venant de l'amont pour la consommation humaine.
- Ceci a pour effet de drainer d'une façon continue les zones irriguées et d'empêcher la salinisation des sols par reprise, par évaporation. D'autant plus que l'irrigation se fait trop souvent par inondation de la parcelle.
- Dans la plaine, la répartition et l'allongement des ghanats donnent des indications sur la répartition des eaux souterraines.

Il est frappant, que dans l'ensemble, la direction des galeries suit fidèlement celle des filets d'eau (décelés par la carte piézométrique).

Le changement de direction des galeries dans la plaine de Kahrizak est significatif. Faut-il croire les puisatiers ("moghanis") quand ils disent qu' "ils suivent les filets d'eau ?".

- On a vu que la bordure du glacis de Kahrizak est une zone stérile ; les ghanats qui se déversent dans la plaine de Kahrizak, traversent cette zone hydrologiquement mauvaise, et leurs puits-mère sont creusés en bordure de la "poche de Rey", délimitant ainsi d'une façon assez fidèle, l'extension de cet aquifère.

5.2.6 - Considérations hydrodynamiques générales.

Au point de vue hydrodynamique, il faut souligner :

- qu'un ghanat est une galerie drainante dans sa partie amont, c'est-à-dire dans la partie qui intercepte la surface piézométrique.
- le reste de la galerie sert de conduit pour l'écoulement vers le point désiré.

Dans le piémont, la portion drainante est très courte par rapport à la portion "stérile", (en raison des pentes relativement élevées et de la localisation de la zone qui alimente).

Par contre à l'aval de la plaine, là où les eaux sont peu profondes, la portion drainante peut constituer la majorité de la galerie. L'entretien de ce dernier type de galerie est très dangereux.

- Dans la plaine, l'étagement des groupes de ghanats, introduit l'alternance de zones de drainage et de zones d'infiltration.
- Dans les portions drainantes, il faut s'attendre à ce que la surface des eaux souterraines soit déprimée. Dans la portion qui sert de conduit, des infiltrations sont possibles, créant localement des remontées de la surface piézométrique. Ceci n'est pas impossible, étant donné l'ancienneté de ce mode de drainage. Mais les galeries sont tapissées d'argile, et actuellement elles sont de plus en plus renforcées par des cerceaux en terre cuite ou en ciment.
- Qu'elle est l'influence des pompages sur l'avenir des ghanats ? Il faut distinguer les ghanats qui s'alimentent dans les alluvions récentes du piémont et qui ne sont pas en rapport avec l'aquifère ordinairement exploité par les forages profonds. Cette indépendance permet la sauvegarde de ces ghanats.

Par contre, les ghanats de la plaine qui drainent les eaux de l'aquifère général, sont fortement influencés par les pompages profonds, semi-profonds ou peu profonds. Dans la zone Ouest de la plaine, influencée par les épandages des crues, les ghanats se parallélisent avec les lits des oueds, si peu marqués que soient ces oueds (qui sont souvent des lits domestiqués pour l'irrigation).

Mais, sur les glacis anciens, à mauvaise réalimentation, un pompage peut avoir des conséquences néfastes. Les querelles "puits-ghanats" sont toujours présentes chez les paysans.

A ce sujet, il faut rappeler que l'ancienne loi Coranique, toujours en application d'ailleurs, interdit de creuser un ghanat à moins de 200 m d'un ghanat déjà existant. Cette loi est valable pour les puits. Il est curieux que cette distance soit celle qui est fréquemment utilisée en hydrogéologie classique comme valeur du rayon d'influence dans les nappes libres.

Mais, cette loi est en défaut dans le cas des aquifères en charge à forte diffusivité (T/S grand). Dans les zones en charge de la plaine, l'influence d'un pompage peut se faire sentir très loin. Un gros forage pompant avec des débits élevés (parfois 100 l/s) des journées entières et des mois entiers pendant la saison chaude, peut influencer l'écoulement des ghanats dans un rayon de

plusieurs centaines de mètres, voire sur plusieurs km.

L'étude de l'évolution des potentiels en tous points de l'aquifère et dans le temps (fig. 72), montre que la distance de 200 m préconisée comme écartement de sécurité n'a plus de signification. Cette distance est couverte en moins de 10 minutes. Dans la plaine de Kahrizak, un ghanat situé à 200 m d'un puits et tangent au cercle limitant le cône de dépression, est influencé au bout de 6 h environ. Il ne semble pas qu'il y ait plus d'un mètre d'eau dans une galerie de ghanat. Mais, dans cette zone, la partie drainante atteint plusieurs centaines de mètres ; par suite, la galerie ne s'assèche que si une portion suffisante est influencée.

Tableau XIII

Longueur de galerie influencée	Temps nécessaire pour influencer cette longueur
200 m	$5,8 \cdot 10^2$ sec
300 m	$8,6 \cdot 10^2$
400 m	10^3
500 m	$1,4 \cdot 10^3$
1 000 m	$4,2 \cdot 10^3$

Dans le tableau ci-dessus, on voit qu'un ghanat situé à 200 m d'un puits pompant à 10 l/s est influencé sur près d'un kilomètre au bout d'une heure de pompage. A ce moment, le rayon d'influence n'est que de 540 m. Il n'est pas imprudent d'affirmer que les ghanats de la plaine sont destinés à s'assécher au fur et à mesure de l'implantation des puits.

5.3 - CONCLUSION SUR LES MOYENS D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES.

L'étude des moyens d'exploitation des eaux souterraines soulève un problème brûlant d'actualité en Iran : ghanats ou puits ?

Une étude intéressante est à faire sur ce sujet. Mais, à vrai dire, ce problème n'a jamais été scientifiquement mené.

Il demande d'ailleurs un inventaire détaillé des points d'eau, de nombreuses mesures de débits, la localisation des aquifères, la connaissance des caractères hydrodynamiques de ces aquifères. Le problème ghanat-puits n'a d'ailleurs pas une réponse unique valable pour tout l'Iran, mais dépend des conditions locales. Pour la région de Téhéran située sur les glacis anciens, l'avenir des ghanats peut être envisagé sous un angle pessimiste. Doit-on favoriser l'un aux dépens de l'autre ? Les facteurs économiques devraient trancher.

Dans les zones possédant des aquifères superposés, une bonne disposition des crépines peut permettre la vie des ghanats. Les ghanats demandent des soins d'entretien longs et coûteux. Sur les 300 galeries de la région, nombreuses sont celles qui sont abandonnées ou stériles.

Les ghanats peuvent fournir des débits non négligeables : les ghanats de la ville ont chacun, un débit moyen de 40 l/s (estimé auprès des utilisateurs). Dans la plaine, le débit moyen estimé - valeur très douteuse - doit-être de 15 l/s. Mais, certaines séries de ghanats peuvent donner 40 l/s.

CONCLUSION SUR L'HYDROGEOLOGIE.

Les conditions climatiques actuelles se prêtent mal à un renouvellement satisfaisant des réserves souterraines.

La relative abondance des eaux exploitables dans des zones privilégiées, est due à l'existence de réserves accumulées au cours du dernier grand Pluvial dans les alluvions du glacis principal.

Mais, on ne peut vraiment parler de réserves géologiques. Si elles existent, elles gisent à de grandes profondeurs.

Ainsi, l'exploitation actuelle porte sur des réserves incomplètement renouvelées. Il faut donc s'attendre à une diminution progressive du volume des eaux souterraines. La situation, tolérable pour le moment, peut devenir alarmante dans quelques années (ou dizaines d'années).

Mais, cette perspective n'inquiète plus personne : les besoins de Téhéran en eau potable sont et seront assurés par les apports depuis les retenues de la rivière Karadj, du Djadgeroud, et s'il le faut, par le détournement des eaux depuis le versant Caspien (Lar Valley Project).

* *

*

RESUME DE L'ETUDE GEOLOGIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET

HYDROGEOLOGIQUE DE LA REGION DE TEHERAN

L'étude hydrogéologique de la région de Téhéran, nous a progressivement imposé un plan en trois parties qui structure l'ensemble de l'ouvrage.

La géologie, qui est à la base de la connaissance des réservoirs aquifères.

Les méthodes géomorphologiques facilitèrent la compréhension du complexe alluvial.

Le rapprochement constant des idées sur la structure de la bordure montagneuse et celles sur l'agencement des masses alluviales, nous a familiarisé avec l'étroite dépendance qui lie la couverture alluviale avec le substratum rocheux.

Evolution tectonique, évolution sédimentologique, évolution climatique et évolution des formes de reliefs, furent les principaux problèmes présentés par la confrontation de la Géologie et de la Géomorphologie.

L'extrême complexité du piémont et la plaine peut être exprimée et expliquée.

- L'Hydrogéologie.

L'aquifère général est morcellé ; les conditions aux limites, tant tectoniques que géomorphologiques interviennent d'une façon quasi-constante.

Tous les phénomènes réagissant l'écoulement, les propriétés dynamiques, et physico-chimiques des eaux souterraines et leur exploitation sont sous la dépendance étroite de l'architecture complexe du bassin alluvial.

1. - GEOLOGIE DES BORDURES.

Dans le désir de posséder un support solide pour notre étude hydrogéologique, nous fumes amenés à des travaux géologiques qui permirent l'établissement d'une chronologie stratigraphique satisfaisante.

1.1 - L'ELBOURZ.

On savait depuis longtemps que la face Sud de l'Elbourz qui domine Téhéran (4000 m) était composée de "roches vertes" ; mais, nous avons démontré que les tufs verts sont en minorité devant les considérables accumulations de schistes calcaires noirs d'origine marine. Formations "noires" et "roches vertes", alternent à des niveaux différents.

- Un découpage stratigraphique est donc possible dans la masse des "roches vertes" de l'Elbourz. Nous avons reconnu six divisions principales.
- L'origine marine est sous-marine de ces formations ne fait plus de doute.
- Les épaisseurs relevées - les plus fortes signalées à notre connaissance - semblent localiser à l'emplacement du Mont Tauchal et de la haute vallée du Kan, la zone la plus profonde ou tout au moins la plus subsidente du sillon éo-oligocène qui fut le siège de ces dépôts.
- L'étude pétrographique de ces formations, confirme que des effusions volcaniques de type explosif qui s'accordent bien avec la tendance acide des matériaux émis, avaient lieu dans un milieu marin où la sédimentation normale différait peu de celle des boues calcaires à globigérines.
- La structure du Mont Tauchal est mise en évidence.

1.2 - L'ANTI-ELBOURZ.

Austère massif désertique aux portes de Téhéran, n'avait jamais pu être étudié stratigraphiquement et tectoniquement d'une façon satisfaisante à cause de la sévère interdiction de pénétrer dans les "Chasses Royales".

La présence d'un massif éruptif de type acide, qui a désorganisé la continuité des couches, les épanchements volcaniques tertiaires et une tectonique extrêmement cassante ne facilitèrent pas la cartographie géologique.

Nous avons pu voir que le massif éruptif de Qasr'è' Firouzeh avait une extension insoupçonnée ; son âge le rattache aux actions tectoniques du début du Tertiaire. Il est responsable de la structure "flottante" d'une grande partie de l'Anti-Elbourz Central et Méridional et de la tectonique cassante facilitée par sa rigidité.

Nous avons formulé l'hypothèse d'une étroite relation magmatique entre le massif grano-dioritique du Sépayeh, les épanchements volcaniques de l'Eocène inférieur et peut être les "roches vertes" de l'Elbourz.

2. - GEOLOGIE DES ALLUVIONS.GEOMORPHOLOGIE

Le remplissage alluvial de la dépression de Téhéran, constitue le milieu le plus favorable pour l'emmagasinement des eaux souterraines.

La bonne connaissance de la géologie régionale, l'introduction de méthodes géomorphologiques, de nouvelles observations et la cartographie détaillée nous ont amenés à des précisions, à des rectifications et à des hypothèses nouvelles.

Nous nous sommes efforcés de dénombrer les surfaces étagées aussi bien dans le piémont que dans la plaine.

2.1 - PRECISIONS STRATIGRAPHIQUES.

- Ceci nous a permis de superposer une chronologie morphologique à la chronologie stratigraphique ; nous avons pu alors opérer des corrélations entre les différentes alluvions.
- La chronologie morphologique est basée non seulement sur l'inventaire des surfaces étagées, mais aussi sur la distinction entre glacis d'accumulation et glacis d'érosion.

Nous arrivons ainsi à la notion de relief polycyclique dont l'origine peut être expliquée par la morphoclimatologie ou par la morphotectonique.

Faire la part de l'un ou de l'autre n'est pas facile ; de cette difficulté découlent de nombreuses hypothèses qui aboutissent à des conclusions riches en conséquences, car elles permettent de comprendre la nature et la structure du piémont de Téhéran.

Il en découle aussi des remarques que l'on peut généraliser :

- Les glacis du piémont peuvent être emboîtés les uns dans les autres.

Une même formation peut supporter deux glacis appartenant à des cycles morphoclimatiques différents.

Les ressauts topographiques de la plaine ne sont pas des extensions limites d'affleurements, mais des limites de glacis emboîtés.

- Les glacis qui ceinturent les reliefs volcaniques du Sud sont emboîtés dans les formations pliocènes ; donc la couverture alluviale qui recouvre ces glacis taillés dans le Miocène, est nécessairement plus jeune que le Pliocène.

Cette formation n'étant plus du Pliocène, il fallait la raccorder avec les autres dépôts du Quaternaire.

Le dénombrement des surfaces étagées facilite la chose.

- Trois à quatre niveaux distincts sont dénombrés aussi bien dans le piémont de Téhéran que dans la plaine.

Nous avons pu faire des corrélations entre les niveaux de même ordre.

2.2 - PRECISIONS SEDIMENTOLOGIQUES.

- A ces précisions d'ordre stratigraphique, s'ajoutent des précisions sédimentologiques.
- L'évolution morphologique se résume par une tendance régulière au creusement. Il s'en suit une migration des niveaux de base vers l'aval. Ceci a pour conséquence :
 - * un déplacement vers l'aval du piémont, des ceintures de cônes de déjection ; les zones d'épandages grossiers et les zones d'infiltration se sont déplacées au cours du Quaternaire, avec un abandon progressif de l'amont du piémont.
 - * Une plus grande extension au cours du Quaternaire du piémont de Téhéran aux dépends du domaine de la rivière de Karadj.
 - * Il existe des différences d'origines entre les alluvions du Nord de la région et celles du Sud.
 - * Nous signalons la multiplicité et la variabilité des niveaux de base en zone aride.
 - * Les oueds creusent l'amont du piémont, s'encaissent dans les hauts glacis, ce qui permet le maintien de l'écoulement concentré qui sort des reliefs, et par là, la propagation des crues vers l'aval.

La division de l'écoulement et sa désorganisation est ainsi retardée.

- * Le réseau hydrographique actuel occupe à de légers détails près, la même place depuis le début du Quaternaire.
- * L'érosion et la sédimentation sont des phénomènes qui n'ont de l'importance qu'au niveau des grands oueds. Leurs effets varient dans le même sens que l'importance du cours d'eau.

C'est donc au niveau des grands oueds qu'il faut rechercher les anciennes vallées les plus vastes et les remplissages alluviaux les plus volumineux, et les plus grossiers.

Hors de l'influence immédiate des grands oueds, creusement et sédimentation sont limités. C'est le domaine des glacis anciens épargnés par l'érosion.

Les masses alluviales sont réduites en étendues et en épaisseur ; la sédimentation est fine.

La position de ces masses alluviales ou des zones qui en sont dépourvues est facilitée en raison de la stabilité du réseau hydrographique.

- * Il existe ainsi, côte à côte, masquées ou non par une couverture limoneuse récente, des masses alluviales grossières souvent récentes, et des "hauts fonds" stériles avec peu ou pas d'alluvions. La surface de séparation peut être nette en raison des processus morphologiques arides.
- * Il en découle, que les anciens glacis qui occupent actuellement des niveaux élevés (glacis supérieurs) par rapport au lit des oueds, se fossilisent, car ils sont hors d'atteinte de l'érosion ou de la sédimentation. Ceci se traduit aussi par le fait que la seule érosion qui modèle le piémont est due au mode de ruissellement.
 - . les terrains élevés sont les plus anciens,
 - . se sont les terrains les plus récents qui sont susceptibles d'être plus efficacement attaqués par l'érosion.
- * Ces considérations sont riches en enseignement pratique ; nous expliquons ainsi l'hétérogénéité relative et le grand déséquilibre dans la répartition des masses alluviales de la région de Téhéran.
- * Le creusement résultant du Quaternaire peut se traduire par des dénivelées insoupçonnées de plusieurs dizaines voire de plusieurs centaines de mètres.

2.3 - PALEOCLIMATS.

La notion de cycles "érosion-sédimentation" et le réajustement de phénomènes actuels permettent les hypothèses suivantes :

- Une tendance aride s'est maintenue durant le Quaternaire. L'alternance de "Pluviaux et interpluviaux", ne doit pas évoquer des périodes particulièrement humides.

La quantité globale de précipitations n'a varié qu'avec de faibles amplitudes d'un Pluvial à un interpluvial.

Par contre, de faibles variations de la moyenne des températures peuvent suffire à renverser le bilan hydrologique, tout au moins dans les reliefs et à leur proximité immédiate.

Par suite, il apparaît que le facteur principal de l'aridification est une évaporation excessive plus qu'un réel manque de pluie.

Le même volume d'eau ruisselé après une averse sur les reliefs arrivant à la sortie des montagnes, peut avoir un sort différent suivant la prépondérance de l'évaporation sur les autres facteurs du bilan.

2.4 - FORMES PARTICULIERES.

- Des remarques annexes sont soulignées au cours de l'étude des formes de reliefs :

* Les sols salés polygonaux sont décrits et expliqués.

Si la dessiccation est à l'origine des fentes de retrait polygonales dans les argiles salées et dans les croûtes qui les surmontent, le mécanisme de leur croissance dépend de forces contraires.

* Nous donnons une classification des croûtes calcaires et gypseuses.

- . Les croûtes "géomorphologiques" sont superficielles et dépendent du mode de ruissellement,
- . les croûtes "pédologiques" correspondent à l'horizon d'accumulation des sols lessivés,
- . les croûtes les plus importantes sont appelées "hydro-géologiques".

Elles sont en relation étroites avec l'existence de couches aquifères. Ces horizons aquifères peuvent d'ailleurs être actuellement vides de leurs eaux.

Le calcaire ou le gypse des croûtes provient des carbonates ou des sulfates dissouts et transportés par les eaux souterraines.

La zonalité des croûtes devrait correspondre avec la zonalité chimique des eaux souterraines. En général, les dépôts encroûtés les plus importants correspondent à des périodes du Quaternaire où la morphologie et certainement la répartition des eaux souterraines étaient différentes des conditions actuelles.

* La constance d'horizons encroûtés permet des corrélations stratigraphiques.

Une carte géomorphologique à l'échelle du 1/100.000, la seule de ce type que nous connaissons en Iran, matérialise et récapitule toutes ces données et hypothèses.

Mais la géomorphologie est aussi riche en enseignements d'ordre tectonique.

3. - GEOLOGIE DE LA REGION DE TEHERAN : TECTONIQUE.

La région de Téhéran est à la limite de deux unités structurales différentes :

- L'Elbourz, qui est une chaîne de montagnes issue de l'orogénèse Alpine. C'est une unité soumise à un soulèvement continu depuis le Crétacé supérieur.
- La partie Nord du Plateau Central Iranien, zone de plate-forme continentale relativement stable, mais soumise à une tendance vers la subsidence. .

D'une façon générale, cette distinction entre "Elbourz" et Plateau Central n'a de sens que si l'on considère l'orogénèse Alpine.

3.1 - L'ELBOURZ.

L'orogénèse alpine se traduit par des plissements et des rejeux continuels de grands accidents, dans les reliefs actuels.

Les séries tertiaires sont plissées, mais les déformations accompagnées de grands accidents se localisent en général au niveau des remontées du "socle" ; les terrains tertiaires sont moins tourmentés par la tectonique que les terrains antérieurs.

Il est possible de parler localement d'une tectonique de socle au niveau des terrains anté-Sénoniens.

Cette tectonique de socle est mal masquée sur la bordure du Plateau Central. Fractures et plis à grands rayons de courbure caractérisent cette zone.

La zone de transition entre ces deux unités est très restreinte. Très souvent, un grand accident sert de limite nette.

3.2 - LE PIÉMONT.

Le piémont matérialise cette zone de transition.

Par suite, il est très riche en enseignement tectonique. Nous avançons l'hypothèse que le piémont Sud de l'Elbourz représente l'actuelle zone de sédimentation, et cela à l'échelon géologique.

En effet, seule une subsidence continue peut expliquer les fortes accumulations alluviales (plusieurs centaines de mètres) que l'on observe le long de l'Elbourz. Cette subsidence continue peut expliquer l'étéagement des glacis et la tendance résultante vers un creusement.

En fait, des pulsations s'intercalent dans cette subsidence continue. La forte subsidence miocène a été interrompue par une phase de contraction qui a donné naissance à des reliefs puissants ; les épais dépôts alluviaux pliocènes soulignent une reprise de la subsidence qui est naturellement axée au pied des reliefs, grands fournisseurs de matériaux. Cette phase de distension a été interrompue au Villafranchien (?) par une nouvelle contraction du socle qui s'est traduite par le plissement de la couverture alluviale et par des accidents de type chevauchant localement.

Nous n'avons pas assez de recul pour qualifier la tendance actuelle de la tectonique dans le piémont.

Mais nous avons formulé l'hypothèse que le piémont est le siège de phénomènes tectoniques particuliers en raison même de sa situation :

- à la limite d'une zone en constante élévation et d'une zone à tendance subsidante, le piémont peut enregistrer aussi bien les effets résultants d'ensemble que les effets dominants d'un bloc.

L'intensité tectonique la plus marquée a son siège dans les reliefs. Elle s'amortit rapidement vers les dépressions.

- L'amont du piémont semble soumis à une tendance vers le soulèvement.
- L'aval du piémont et la plaine limoneuse appartiennent au domaine en voie d'affaissement.
- L'amont du piémont joue de plus en plus le rôle de reliefs, les reliefs gagnent du terrain.
- Le piémont jouit d'une certaine autonomie tectonique.
- Le substratum du piémont, rigide de par sa constitution, est morcelé par des accidents rectilignes et redressés. Blocs soulevés et fossés étroits alternent.
- Sur cette tectonique de "socle" se moule une couverture alluviale plus souple, présentant des déformations dissymétriques. Les flancs redressés des plis doivent correspondre à des accidents plus profonds.
- La sédimentation continue dans les dépressions qui sont synclinales.
- Les glacis anciens s'articulent sur des charnières anticlinales.
- Les glacis anciens du piémont se soulèvent en gradins tectoniques.
- Les glacis anciens du Sud de la région présentent des flexures.
- Les alluvions pléistocènes sont faillées.
- La masse de l'Anti-Elbourz qui est relativement stable, et l'absence d'oueds importants dans la partie Est du piémont de Téhéran, favorisent l'existence d'une zone peu sujette à de grands changements ; c'est la zone des glacis anciens stériles de Rey et de Kahrizak.

- La tectonique est en constante activité depuis le Crétacé supérieur. L'activité morphoclimatique étant plus marquante et plus rapide dans les temps récents, il est difficile de caractériser la part de la tectonique. Mais, il ne faudrait pas la sous estimer : l'échelle du phénomène nous empêche de l'apercevoir.

Les observations géologiques sont portées sur une carte géologique détaillée, à l'échelle de 1/50.000 ; la surface cartographiée est de 2 600 km².

C'est la première carte de la région de Téhéran, du piémont, de la face Sud du Mont Tauchal, et de l'Anti-Elbourz occidental.

4. - HYDROGEOLOGIE.

4.1 - CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE.

Une définition du climat de la région est proposée, afin de placer l'étude dans le cadre spécifique qu'est la zone aride ; la morphogénèse, l'hydrologie de surface et des eaux souterraines sont sous la dépendance étroite de ce cadre.

Il existe un étagement bio-climatique marqué à l'approche des reliefs ; l'inversion du bilan hydrique dans les reliefs permet la conservation et le cheminement des eaux précipitées.

On estime que toutes les eaux précipitées sur le piémont et la plaine sont entièrement reprises par l'évaporation.

Donc, les reliefs sont à l'origine de toutes les eaux superficielles et souterraines de la région.

Les précipitations hivernales jouent un grand rôle dans la constitution des réserves en eaux en favorisant une rétention d'origine nivale.

L'eau reçue et ruissellée sur les reliefs, s'emmagasiné dans le piémont ; l'infiltration se fait rapidement au niveau des cônes de déjection. Il n'existe pratiquement plus d'écoulement superficiel à l'aval de la ceinture de cônes de déjection.

Cette ceinture de cônes de déjection étant située à l'aval du piémont, l'amont est ainsi défavorisé au point de vue de l'alimentation en eaux souterraines (conséquence de l'étagement des glacis).

Il existe donc une localisation étroite dans le temps (période froide) et dans l'espace (cônes de déjection) de l'infiltration.

4.2 - LES AQUIFERES.

Les eaux infiltrées s'accumulent dans des aquifères dont nous avons laissé entrevoir la complexité.

Il n'existe pas un seul aquifère général, mais une mosaïque de zones aquifères plus ou moins distinctes les unes des autres. L'inégale répartition des masses alluviales est d'origine :

- . sédimentologique,
- . morphologique,
- . tectonique.

Les masses alluviales sont limitées d'une façon plus ou moins étanche par des écrans tectoniques ou géomorphologiques.

Elles sont souvent à des niveaux différents (glacis étagés, gradins tectoniques) et leur alimentation est variable.

Nous avons ainsi dénombré 17 zones aquifères ayant des particularités propres.

Les cartes géologiques, géomorphologiques, les schémas des conditions aux limites, des principaux aquifères, l'esquisse tectonique, et les diverses coupes géologiques et géomorphologiques doivent servir de références constantes lors de l'étude des conditions de gisement, d'écoulement et d'exploitation des eaux souterraines.

Le cloisonnement tectonique et géomorphologique entraîne l'existence de seuils hydrauliques entre deux zones aquifères.

L'étagement et l'emboîtement des formations alluviales sont à l'origine de chenaux d'écoulement préférentiel (glacis inférieurs). Les glacis supérieurs deviennent dès lors des analogies quasi-stériles au sein de l'aquifère.

La géomorphologie nous a appris la coexistence de masses alluviales grossières et de glacis anciens stériles. Les masses alluviales sont en liaison avec les grands oueds, donc avec des sources d'alimenta-

tion relativement importantes, alimentation en eaux douces en particulier. La grossièreté et les fortes épaisseurs de ces alluvions confèrent à ces zones privilégiées de bonnes caractéristiques hydrodynamiques. Ces masses alluviales étant relativement récentes, les limites tectoniques sont quasi-absentes. Ce sont donc les meilleurs aquifères de la région.

Les glaciers anciens à couverture alluviale réduite et mal alimentés ne recèlent que de faibles réserves souterraines ; les caractéristiques hydrodynamiques du complexe eau-aquifère sont mauvaises ; le manque de renouvellement des eaux entraîne une composition chimique médiocre.

4.3 - HYDRODYNAMIQUE.

Dans le piémont en particulier, la présence des écrans aux limites entraîne des effets catastrophiques au cours de l'exploitation.

L'hétérogénéité de l'aquifère, les limites finies, les infiltrations par le toit, font que les calculs hydrodynamiques peuvent être mis en défaut.

Les caractéristiques évaluées par pompage dans de telles zones représentent mal l'état réel de l'aquifère.

Dans l'état réel de l'exploitation dans le piémont de Téhéran, les interférences entre la multitude de puits pompés et l'influence néfaste des écrans rendent très aléatoires les interprétations des courbes de pompage.

Les quantités d'eau extraites dans le piémont de Téhéran semblent contredire le pessimisme général de cette étude.

Mais une grande partie des eaux pompées se réinfiltre ainsi que la plus grande partie des eaux résiduelles.

Nous émettons l'hypothèse de l'existence d'une réserve d'eau douce dans les alluvions récentes dont l'origine remonte au dernier grand pluvial (Würm ?).

L'eau et son réservoir (les cônes de déjection anciens) ont le même âge. L'évolution morphologique ne permet pas de penser qu'il existe des réserves d'eau plus anciennes, sinon dans des fosses localisées inexploitable avec les moyens actuels.

4.4 - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX.

Les propriétés physico-chimiques des eaux souterraines permettent de vérifier certaines hypothèses géologiques et géomorphologiques :

- existence d'écoulements préférentiels dans le piémont,
- localisation des zones d'infiltration au niveau de la ceinture des cônes de déjection actuels,
- coexistence de masses alluviales à eaux douces et de zones anciennes à faciès différents et à concentrations plus élevées.

Les alluvions récentes et actuelles renferment des eaux bicarbonatées calciques. La concentration totale n'excède pas en général 500 mg.

Les glacis anciens sont caractérisés par des eaux bicarbonatées sodiques.

Le problème de la pollution est des plus aigus: 2 600 000 habitants et aucune trace d'égoûts. Dans certaines dépressions du piémont, les puits perdus injectent directement les résidus humains et domestiques dans l'aquifère. A l'heure actuelle, on peut dire que la quasi totalité des eaux souterraines exploitées dans le piémont est polluée.

4.5 - LES GHANATS.

Enfin, on ne peut terminer une étude hydrologique d'un piémont Iranien sans parler des ghanats (galeries souterraines). Ils drainent par centaines et sur des dizaines de kilomètres la partie supérieure des aquifères.

Suivant l'endroit où ils sont creusés, on peut distinguer plusieurs type de ghanats :

- galeries de cônes de déjection, de lits d'oueds, de glacis anciens, des plaines limoneuses, ghanats en "cascade".

La morphologie de la plaine de Téhéran favorise une disposition étagée des ghanats, conséquence de l'étagement des glacis.

GLOSSAIRE DES NOMS GEOGRAPHIQUES

Ab	eau
Abad	construit (ex : Abbasabad)
Abadi	village
Abandar	citerne, réservoir
Bagh	jardin
Bala	en haut (Talo bala)
Char	ville
Deh	village
Dareh	vallée
Ghanat	galerie souterraine
Kévir	sebkhra, schott
Khaneh	maison
Kouh	montagne
Namak	sel
Pa'ın	en bas
Qaleh	village fortifié
Qasr	palais
Tappeh	colline
Tchah	puits
Tchechmeh	source
Roud	rivière

BIBLIOGRAPHIE

Liste des principales abréviations utilisées

A.I.H.S.	Association Internationale d'Hydrologie Scientifique.
B.R.G.M.	Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
B.S.G.F.	Bulletin Société Géologique de France.
C.D.U.	Centre de Documentation Universitaire.
C.E.R.H.	Centre d'Etudes et de Recherches Hydrogéologiques.
C.G.G.	Compagnie Générale de Géophysique.
C.N.R.S.	Centre National de la Recherche Scientifique.
E.C.A.F.E.	Equivalent de l' U.N.E.S.C.O. pour l'Asie.
F.A.O.	Food and Agriculture Organization (Nations Unies).
Géog.	Géographie.
Géol.	Géologie.
I.O.C.	Iranian Oil Company.
P.U.F.	Presses Universitaires de France.
Re. Geog. Phy. Géol. Dy.	Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique.
Sc.	Sciences.
S.G.M.	Service Géologique du Maroc.
Soc.	Société.
U.G.G.I.	Union de Géologie et de Géodésie Internationale.
U.N.	Nations Unies.
U.N.E.S.O.	Organisme des Nations Unies pour l'Education, la Science, et la culture.

- GEOLOGIE.

- 1 - ASFIA, 1948.- Notes on the geology of the Elbourz mountains, N.E. of Iran. Geol. Soc. of London. Vol. CIV, part. 1.
- 2 - ASSERETO R., 1963.- The Paleozoic formations in Central Elburz (Iran)(préliminary note) : Riv. Ital. Paleont. Strat. vol. LXIX, n° 4, pp. 503-543.
- 3 - ASSERETO R., GAETAN M., 1964.- Nuovi dati sul devoniano della catena dell' Iman zadeh Hashim (Elburz Centrale Iran). Milano.
- 4 - ASSERETO R., SESTINI F., 1962.- Nuovi data sul Paléozoico dell' Alta Valle del Djudjerud (Elburz Centrale, Iran). Rendiconti della Classe di sc. fis. mat. e nat. serie VIII, vol. XXXII, fasc. 3, pp. 369-376.
- 5 - BIROT P., 1965.- Critères de déformations tectoniques quaternaires (spécialement dans le monde Méditerranéen).- Revue Geog. Phy. et Geol. dy., juillet-septembre.
- 6 - BONNARD (E.G.), 1944.- Contribution à la connaissance géologique du Nord-Est de l'Iran.- Basel Birkhause AC, Eclogae Geol. Helv., vol. 37, n° 2.
- 7 - BOZORGNIA, 1962.- Statistic on the earthquakes in Iran. IOC. Téhéran.
- 8 - CHAVAILLON J., 1964.- Les formations quaternaires du Sahara Nord Occidental, C.N.R.S.- 393 p., 111 fig., 32 pl.
- 9 - CLAPP C.(E.G.), 1930.- Teheran and the Elburz. American Geog. Soc. New York.

- 10 - CLAPP C.(E.G.), 1940.- Geology of the eastern Iran.- DC Geol. Soc., vol. 51, n° 1, Waschington.
- 11 - DELLENBACH J., 1964.- Contribution à l'étude géologique de la région située à l'Est de Téhéran, Iran.- Université de Strasbourg, 122 p., 44 fig., 1 carte en deux feuilles.
- 12 - DOUVILLE H., 1901.- Les explorations géologiques de MJ MORGAN en Perse.- LE BIGOT frères, Paris.
- 13 - FARCHAD F., 1948.- La présence d'un éléphant dans le quaternaire de l'Iran.- B.S.G.F.
- 14 - FURER M.A., SODER P.A., 1955.- The oligo-miocène marine formation in the Qum region. (Central Iran).- Proc. 4 th world Petr. Congress, section 1/A/5. Paper 1.
- 15 - FURON R., 1941.- Géologie du plateau Iranien (Perse Afghanistan Béloutschistan).- Mém. Mus. Nat. Hist. Nat. n.s., vol. 7, fasc. 2, pp. 177-414.
- 16 - " 1954.- Le Jurassique du Nord du Plateau Iranien.- Gauthier Villars, Paris.
- 17 - GANSSER A., 1955.- New aspects of the geology in Central Iran.- Proc. 4 th world Petr. Congress, section 1/A/5. Paper 2.
- 18 - " , HUBER H., 1962.- Geological observations in the Central Elburz, Iran. Schweiz.- Min. Petr. Mitt., vol. 42, n° 2, pp. 593-630.
- 19 - HUBER H., 1958.- The influence on the geological conditions on the salinity of the Zam Rud. Symposium of the Arid Zone Research Center. Salinity Problems, pp. 49-52, 1 carte, 2 fig.

- 20 - HUBER H., 1960.- Geology of Fahrazad new town area. IOC
Teheran.
- 21 - " 1966.- A summary of tectonic history and framework
in Iran.- Institut d'Hydrogéologie de Téhéran
(polycopié).
- 22 - LORENTZ C., 1964.- Die Geologie des Oberen Karadj Tales
(Zentral Elburz, Iran).- Thèse Zurich (en voie
de parition).
- 23 - MORGAN (DE), 1905.- Note sur la géologie de la Perse et sur
les travaux paléontologiques de M.M. Douvillé
sur cette région, C.R.S.G.F., 4ème série, n° 5,
pp. 170-189.
- 24 - NABAVI, SAMIMI, BORDJIAN.- Mesgarabad rapport 553.955.2.-
Geol. Survey Iran.
- 25 - NAZEMI F., 1961.- Contribution à l'étude géologique de l'Anti-
Elbourz occidental.- Thèse, Paris.
- 26 - NAZEMI F., GRUBIC A., 1959.- Note préliminaire sur le Crétacé
à Rudistes de l'Anti-Elbourz occidental.- B.S.G.F.,
7ème série, t. 1, n° 9, pp. 944-953.
- 27 - "QUATERNAIRE", 1963.- B.S.G.F., 7ème série, t. V, n° 4, pp.
407-650, pl. XIX, XX.
- 28 - RIEBEN H., 1942.- Notes sur la géologie du Nord de l'Iran.
Sangmelima Cameroun. Halsey Memorial Press.-
Amer. Presbyt. Mission Elat.
- 29 - " 1957.- Observation sur la plaine de Téhéran. IOC,
Téhéran.

- 30 - RIEBEN H., 1956.- Rapport au gouvernement Iranien sur les ressources en eaux souterraines de la plaine alluviale de Téhéran.- F.A.O., Rome, rapport n° 168.
- 31 - " " .- Note préliminaire sur les terrains alluviaux de Téhéran et particulièrement du territoire de Chémiran.- Bull. Soc. Vaudoise des S.C. Nat., n° 283.
- 32 - " " 1960.- Les terrains alluviaux de la région de Téhéran.- Centre des Zones Arides, Téhéran.
- 33 - " " 1963.- The geology of the Teheran plain. American Journal of Sc., vol. 253, pp. 617-639.
- 34 - RIVIERE A., 1931.- Remarques sur la stratigraphie de la base de l'Eocène dans l'Elbourz central.
- 35 - " " 1931.- De la structure de la montagne de Chémiran. Elbourz. Perse.- B.S.G.F.
- 36 - " " .- Tectonique de la bordure Nord du bassin tertiaire intérieur de l'Elbourz. Central de la vallée du Djadgeroud à Roudehen.
- 37 - " " 1932.- Sur l'existence d'importants mouvements horizontaux dans le Nord de l'Elbourz central.- B.S.G.F.
- 38 - " " 1932.- Transgression du Crétacé dans le Nord de l'Elbourz central.
- 39 - " " 1932.- Contribution à l'étude du Jurassique dans l'Elbourz central.
- 40 - " " 1932.- Contribution à l'étude du paléozoïque dans l'Elbourz central.

- 41 -- RIVIERE A., 1934.- Contribution à l'étude géologique de l'Elbourz (Perse).- Revue de Géog. Phy. Géol. Dyn., vol. VII, fasc. 1-2, pp. 1-190, 14 pl., 20 fig., 1 carte.
- 42 -- " 1934.- Note préliminaire sur les montagnes de la région de Sépayeh Elbourz, Perse.- B.S.G.F.
- 43 -- " 1935.- Observations nouvelles sur le Secondaire de l'Anti-Elbourz, Perse.- Compte rendu des scéances Acad. Sc., vol. 200, pp. 951-953.
- 44 -- " 1936.- Contribution à l'étude géologique de l'Anti-Elbourz, Perse.- Observations nouvelles sur la structure des montagnes de Scha Abdul Azim, Perse.- B.S.G.F., 5ème série, n° 6, pp. 277-298.
- 45 -- STAHL A.F., 1895.- Reisen in Nord un zentral Persien.- Peterm. Geog. Mitt. Ergänzungsheften, vol. 25, H. 118, 39 p., 3 pl., Gotha Justus P.
- 46 -- " 1897.- Zur Geologie von Persien.- Geologische Beschreibung von Nord und zentral Persien. Petrem. Geog. Mitt. Erg., vol. 26, n° 122, 72 p., 4 pl.
- 47 -- STOCKLIN J., RUTTNER A., NABAVI M., 1964.- New data of the lower Paléozoic and précambrian of the north Iran.- Géol. Survey of Iran, Téhéran, 30 p., 5 fig.
- 48 -- VATAN A., 1965.- Guide géologique de la région de Qum. Téhéran, 42 p., 8 pl.
- 49 -- VATAN A., AYANIAN, 1962.- Observations sédimentologiques sur les couches vertes de l'Elbourz (Iran).- B.S.G.F., n° 10.

- GEOMORPHOLOGIE.

- 50 - ACTIONS EOLIENNES, PHENOMENES D'EVAPORATION ET HYDROLOGIE
SUPERFICIELLE DANS LES REGIONS ARIDES, 1953.- C.N.R.S.,
Alger, 376 p.
- 51 - BAULIG H., 1953.- Les hauts niveaux de base du Pliocène.-
Revue Geog. de Lyon, vol. XXVIII, n° 3,
pp. 205-222, 2 fig.
- 52 - " 1953.- Ablation en surface et érosion linéaire.-
idem, pp. 229-232.
- 53 - BIROT P., 1955.- Les méthodes de la géomorphologie.- P.U.F.,
Paris, 177 p., 16 fig.
- 54 - BIROT P., CAPOT REY R., DRESCH J., 1955.- Recherches morpho-
logiques dans Sahara central.- Travaux Inst.
de Recherches Sahariennes, Alger, t. XIII,
1er et 2ème semestre, pp. 13-74.
- 55 - BOBEK H., 1937.- Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran.
Leipzig. Gebruder Borntrager.- Z. Gletscherk 25,
pp. 130-183.
- 56 - " 1959.- Features and formations of the Great Kevir
and Masileh. Arid. zone Research, Téhéran.
- 57 - " 1953-54.- Klima und Landschaft Irans, in, vor, und
frühgeschichtlicher Zeit. Wien. Geogr. Jahrbuch
a Österreich 25, pp. 1-42.
- 58 - " 1963.- Nature et conséquence des changements de climat
à l'époque quaternaire. Les changements de climats.-
Colloque de Rome, U.N.E.S.C.O., pp. 403-412.

- 59 - BORDET P., 1953.- Remarques sur la météorologie, l'hydrographie et la morphologie du Hoggar.- Trav. Inst. Recherches Sahariennes, t. IX, 1er semestre, pp. 7-244.
- 60 - BOUT P., DRESCH J., PEGUY Ch., 1961.- Observations de géographie physique en Iran.- Septentrional.- C.N.R.S. mémoires et documents, t. VIII, pp. 9-102.
- 61 - COQUE R., 1958.- Morphologie de la Tunisie pré-Saharienne.- Trav. Inst. Recherches Sahariennes, t. XVIII, 1er et 2ème semestre, pp. 59-82.
- 62 - " 1962.- La Tunisie pré-Saharienne.- Etude géomorphologique.- C.N.R.S.
- 63 - DERRUAU M., 1962.- Précis de géomorphologie.- Masson, Paris, 414 p., 164 fig., 61 pl.
- 64 - DRESCH J., 1953.- Système d'érosion en Afrique du Nord.- Revue de géog. de Lyon, vol. XXVIII, n° 3.
- 65 - " 1953.- Morphologie de la chaîne d'Ougarta.- Trav. Inst. Recherches Sahariennes, t. IX, 1er semestre, pp. 25-38.
- 66 - " 1961.- Le piémont de Téhéran.- C.N.R.S.- Mémoires et documents.- Centre de documentation cartographique, t. VIII, chap. IV, pp. 85-101.
- 67 - DURAND J.H., 1963.- Les croûtes calcaires et gypseuses en Algérie.- B.S.G.F., 7ème série, t. V, n° 6.
- 68 - ENGALENC M., 1966.- Appréciation hydrogéologique compte tenu de la géomorphologie en Iran Central.- Inst. d'Hydrog. de Téhéran. Séminaire E.C.A.F.E. Téhéran, 11 p., 5 fig.

- 69 - GABRIEL A., 1933.- Beobachtung im Wüstengürtel Innerpersiens.
Wien.
- 70 - " 1942.- Die Lut und ihre Wege.- Zeit Erdkunde Frankfurt, pp. 423-442.
- 71 - " 1957.- Zur Oberflächengestaltung des Pfannen in den Trockenräumen Zentral persiens. Wien.
- 72 - RAYNAL R., 1961.- Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya.- 617 p., 74 fig., 50 ph.
- 73 - ROUGERIE G., 1962.- Systèmes morphogénétiques et familles de modèles dans les zones arides.- C DU, Paris, 176 p., 39 fig.
- 74 - SCHARLAU K., 1958.- Zum Problem der Pluvialzeiten in Nord-Est Iran.- Berlin. Z. für geomor. NS II, pp. 258-277.
- 75 - STRATIL-SAUER G., 1956.- Geographische Forschungen in Ostpersien.- Routen durch die Wüste Lut und ihre Randgebiete. Wien.
- 76 - TERMIER H. et C., 1960.- Erosion et sédimentation.- Masson, Paris, 412 p., 195 fig.
- 78 - TRICART J., 1961.- Note explicative de la carte géomorphologique du delta du Sénégal.- Mémoires du B.R.G.M., technip. 137 p.
- 79 - " 1962.- L'épiderme de la terre. Géomorphologie appliquée.
- 80 - TRICART J., CAILLEUX A., RAYNAL R., 1962.- Les particularités de la morphogenèse dans les régions de montagnes.- C.D.U., Paris, 136 p., 31 fig.

- 81 - TRICART J., CAILLEUX A., 1964.- Le modelé des régions sèches.- C.D.U., Paris, 2 fasc., 44 p.
- 82 - TRICART J., CAILLEUX A., 1965.- Les principes et les méthodes de la géomorphologie.- Masson, Paris, 496 p., 35 fig., 8 pl.
- 83 - TRICART J., CAILLEUX A., 1965.- Introduction à la géomorphologie climatique.- Sédés Paris, 305 p., 50 fig., 9 pl.

- HYDROGEOLOGIE.

- 84 - ALBINET M., 1963.- La pollution des eaux souterraines.- B.R.G.M.
- 85 - ANDRE H., 1960.- Méthode chimique de dilution, procédé par intégration.- La Houille Blanche, Grenoble, n° spécial B., pp. 163-173.
- 86 - AVIAS J., 1962.- Les données géologiques et les indications de la géomorphologie et de l'hydrologie souterraine.- C.E.R.H., Montpellier, 15 p., 9 fig.
- 87 - " 1962.- Sur la généralité des phénomènes de corrosion et de concretionnement polarisés des formations calcaires à structure discontinue et sur leurs applications.- C.R., sommaire Soc. Géol. France, pp. 74-75, 1 fig.
- 88 - BERKALOFF E., 1965.- Effet de capillarité sur l'écoulement d'eau dans les nappes libres recelées par des roches à interstices fins.- B.R.G.M., 14 p.
- 89 - BOURGEOIS M., FORKASIEWICZ J., MARGAT J., 1965.- Intérêt de l'étude de l'influence des variations de la pression atmosphérique sur les surfaces piézométriques des nappes.- B.R.G.M., 6 p., 3 fig.

- 90 - BOGOMOLOV G.- Hydrogéologie et notions de géologie d'Ingénieur.- Editions de la Paix, Moscou, 278 p., 134 fig.
- 91 - BOGOMOLOV G., SILIN-BETCHOURINE A.I., 1955.- Hydrogéologie spécialisée, Moscou.
- 92 - BOUMENDIL H., 1966.- Cours d'irrigation.- Institut d'Hydrogéologie, Téhéran, 72 p.
- 93 - BREMOND R., 1965.- Contribution à l'interprétation des mesures de débits et de rabattements dans les nappes souterraines.- Gauthier Villars, Paris, 118 p., 54 fig.
- 94 - CAMBEFORT H.- Curiosités des massifs alluvionnaires et des nappes d'eau.- Sol expert International, Paris, 31 p., 49 fig.
- 95 - CASTANY G., 1963.- Traité pratique des eaux souterraines,- Dunod, Paris, 657 p.
- 96 - COLLOQUE D'ANKARA SUR L'HYDROLOGIE DE LA ZONE ARIDE, U.N.E.S.C.O., 1953.- 279 p.
- 97 - COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN D'EQUIPEMENT ET DE LA PRODUCTION.- Rapport général de la Commission de l'eau, France, Nov. 1963.
- 98 - COTTEZ S., 1965.- Les massifs filtrants pour puits et forages d'eau.- B.R.G.M., 17 p., 9 fig.
- 99 - EGHBALI A., 1955.- Contribution à l'étude du problème de l'irrigation en Iran.- Canaux souterrains puits.- Thèse Paris.
- 100 - ENGALENC M., 1967.- Aperçu sur l'hydrogéologie de Téhéran.- Bull. Tech. et biblio., Centre Français doc. Tech., Téhéran, vol. VII, n° 1, pp. 1-11, 2 fig.

- 101 - GELIS E. DE, 1956.- Eléments d'hydraulique souterraine.- S.G.M. Rabat. Centredes études hydrogéologiques.- Notes et Mémoires n° 136.
- 102 - GIBBS Sir A., 1958.- Water resources survey Teheran region.- Teheran-London.- Organisation du Plan.
- 103 - L'HYDROLOGIE DE LA ZONE ARIDE. U.N.E.S. C 0, 1952.- 217 p.
- 104 - LINSLEY R.K., KOHLER M.A., PAULUS L.H., 1958.- Hydrology for Engineers.- Mc Graw Hill, New York, 340 p.
- 105 - MARGAT J., 1961.- Les eaux salées du Maroc.- S.C.M. Rabat, 137 pp., 41 fig, 6 pl.
- 106 - " 1962.- Mémoire explicatif de la carte hydrogéologique au 1/50.000 de la plaine du Tafilat.- S.G.M. Rabat, 275 p., 92 fig., 19 pl.
- 107 - " 1963.- Applications des cartes hydrogéologiques à l'étude de la perméabilité et de la transmissivité des terrains aquifères.- B.R.G.M., 18 p., 13 fig.
- 108 - METHODS OF DETERMINING PERMEABILITY, TRANSMISSIVITY AND DRAWDOWN. GEOL. SURVEY WATER SUPPLY PAPER, 1536.- Washington, 1963, 341 p., 100 fig.
- 109 - METHODES D'ETUDES ET DE RECHERCHE DES NAPPES AQUIFERES, 1962.- B.R.G.M., Paris, 158 p., 68 fig.
- 110 - MEYKADEH C.A., FITT R.L., BODDINGTON T.J., 1959.- Tehran water supply. Raw water collection and distribution system, n° 6327, p. 467-486.
- 111 - ORENGO R., 1951.- Les foggaras, les irrigations et les divers problèmes qui s'y rattachent au courada. Ser. de la Colo., 42 p., 31 fig.

- 112 - PLOTNIKOV N.A., 1962.- Ressources en eaux souterraines ; classification et méthodes d'évaluation - Gauthier Villars, Paris, 194 p., 30 fig.
- 113 - RODIER J., 1966.- L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau.- Dunod, Paris.
- 114 - SALMERON E., 1960.- Eaux souterraines sous pressions.- Minis. Agric. Servicio de capacitación y propaganda, Madrid (extrait photocopié par le labo. de Géol. de la Fac des Sc., Montpellier).
- 115 - SCHNEEBELI C., 1966.- Hydraulique souterraine.- Eyrolles, Paris.
- 116 - SCHOELLER H., 1959.- Hydrologie des régions arides.- Progrès récents, U.N.E.S.C.O., 126 p., 29 fig.
- 117 - " 1962.- Les eaux souterraines.- Masson, Paris, 642 P., 187 fig.
- 118 - SHORTCUTS AND SPECIAL PROBLEME IN AQUIFER TESTS. GEOL. SURVEY. WATER SUPPLY. PAPER 1545-C, WASHINGTON, 1963.- 117 p., 31 fig.
- 119 - SILINE BETCHOURINE A.- Hydrology of irrigated lands, Moscou, 110 p., 14 fig.
- 120 - TCHAHKOUTAHI C., 1963.- Le problème de l'eau à Téhéran.- Thèse, Paris.
- 121 - THEORIE OF AQUIFER TESTS, 1963.- Geol. Survey. Water supply. paper 1536 -E, washington, 174 p., 45 fig.
- 122 - TODD K., 1959.- Crounderwater hydrology. Wiley, New York 336 (traduction photocopiée. Labo. de Géol. Fac. Sc., Montpellier).

- 123 - TRUPIN G., 1964.- Manuel pratique d'essais de pompage.- B.R.G.M., Paris, pp. 90-185.
- 124 - TSCHELTZOFF O.W., 1966.- Analyse pratique des problèmes hydrodynamiques utilisation d'expressions et d'équations symboliques.- E.C. A.F.E., Téhéran, 12 p. 6 fig. (Institut Hydrogéologie).
- 125 - TSCHELTZOFF O.W., ENGALENC M., 1966.- Incidences des conditions aux limites et de milieu de l'aquifère sur le tracé des courbes piézométriques.- E.C.A.F.E., Téhéran (Institut d'Hydrogéologie), 4 p., 7 fig,
- 126 - UTILISATION DES EAUX SALINES.- U.N.E.S.C.O.- Compte rendu de recherches.
- 127 - VITRAC F., 1964.- Répertoire des pompes et moyens de puisage dans les forages.- B.R.G.M., 38 p.
- 128 - WAN-GHUN-HSU, 1966.- A study of groundwater développement at Kao-Ping (Taiwan-China), U.N.-E.C.A.F.E.-U.N.E.S.C.O. 21 p.

- HYDROLOGIE DE SURFACE.

- 129 - FRECAUT R., 1964.- Eléments d'hydrologie continentale.- C.D.U., Paris, 231 p., 30 fig.
- 130 - GUILCHER A., 1965.- Précis d'hydrologie.- Masson, Paris, 389 p., 217 fig., 8 pl.
- 131 - PARDE M., 1955.- Fleuves et rivières.- A. Colin, Paris, 223 p., 18 fig.

132 - REMENIERAS C., 1959.- Eléments d'hydrologie appliquée.- A. Colin, Paris., 208 p., 48 fig.

133 - " 1960.- L'hydrologie de l'Ingénieur.- Eyrolles, Paris, 413 p.

134 - SYMPOSIUM DES EAUX DE SURFACE, 1964.- Assemblée de Berkeley.- U.G.G.I., n° 63, 615 p.

- CLIMATOLOGIE.

135 - ARLERY R., GARNIER M., LANGLOIS R., 1954.- Application des méthodes de Thornthwaite à l'esquisse d'une description agronomique du climat de la France. La météorologie.

136 - BAHRADWAJ C.P., 1961.- La zone aride de l'Inde et du Pakistan (Histoire de l'utilisation des terres des régions arides.- U.N.E.S.C.O., pp. 163-196).

137 - BOUCHER P.J., 1965.- Evapotranspiration potentielle. Sa mesure et son estimation à partir de l'évaporation sous abri.- U.N.E.S.C.O.- Colloque de Montpellier.

138 - BUTZER K.W., 1961.- Les changements climatiques dans les régions arides depuis le Pliocène. Histoire de l'utilisation des terres.- U.N.E.S.C.O., pp. 35-60

139 - LES CHANGEMENTS DE CLIMATS, 1963.- Colloque de Rome.- U.N.E.S.C.O.

140 - CLIMATOLOGIE ET MICROCLIMATOLOGIE, 1958.- Colloque de Canberra.- Colloque de Canberra.- U.N.E.S.C.O.- Recherches sur la zone aride, 355 p.

- 141 - DAMAGNEZ J., RIOU Ch., DE VILLELE, El AMMANI, 1963.- Estimation et mesure de l'E.T.P. en Tunisie.- A.I.H.S. Colloque de Kerkeley.
- 142 - GRISOLLET, GUILMET, ARLERY, 1962.- Climatologie.- Gauthier Villars, Paris, 400 p., 110 fig.
- 143 - KOLOBKOV N., 1961.- L'atmosphère et sa vie.- Editions en langues étrangères, Moscou, 344 p.
- 144 - PABOT H., 1962.- Etude d'agrocimatologie dans la zone aride et semi-aride du proche Orient.- F.A.O. (rapport préliminaire).
- 145 - PEGUY Ch., 1961.- Précis de climatologie.- Masson, Paris, 347 p., 97 fig.
- 146 - VIAUT A., 1962.- La météorologie.- P.U.F., Paris, 128 p., 53 fig.

On trouvera d'intéressantes observations sur les paléoclimats et les climats des régions sèches dans les ouvrages de géomorphologie déjà cités. Voir notamment : 60, 80, 81, 83, 136, 138, 139.

- ETUDE DES SOLS.

- 147 - AUBERT G., 1962.- Les sols de la zone aride (les problèmes de la zone aride.- U.N.E.S.C.O., pp. 127-150).
- 148 - BERNSTEIN L., 1962.- Les sols halomorphes et leur végétation. Les problèmes de la zone aride.- U.N.E.S.C.O., pp. 151-190.

149 - DEWAN M.L., FAMOURI J., 1964.- The soils of Iran.- F.A.O., Rome, 319 p., 93 fig., 3 cartes hors texte.

150 - HISTOIRE DE L'UTILISATION DES TERRES DES REGIONS ARIDES.- U.N.E.S.C.O., 1961, 427 p.

151 - MAYER A., 1959.- Précis de mécanique des sols - A. Colin, Paris, 215 p., 69 fig.

152 - PLYUSNIN I.I.- Reclamative soil science.- Foreign languages pub., Moscou, 397 p., 60 fig.

- DIVERS.

153 - CAMBEFORT H., 1959.- Forages et sondages.- Eyrolles, Paris, 420 p., 370 fig.

154 - DUPONT A., 1965.- Hydraulique urbaine.- Eyrolles, Paris, 573 p., 26 pl.

155 - KOCH P.- Les réseaux d'égouts.- Dunod, Paris, 335 p.

156 - SCHLUMBERGER, 1966.- Log interprétation charts, Paris, 57 p.

157 - " 1966.- Log interprétation principales, Paris.

158 - STRAKHOV N M., 1957.- Méthodes d'études des roches sédimentaires.- C.N.R.S.

TABLE DES TABLEAUX

	<u>Pages</u>
Tableau I - Répartition des surfaces de la region de Téhéran, par tranches d'altitude	5
" II - Stratigraphie du Crétacé	33
" III - Récapitulation des faits géomorphologiques au cours du Plio-Quaternaire. Hypothèses chrono- logiques	183
" IV - La pluie à Téhéran-Mehrabad	192
" V - Indices de pluviosité à Téhéran-Mehrabad	195
" VI - Les températures à Téhéran	199
" VII - La sécheresse à Téhéran	202
" VIII - Surfaces des bassins versants du Sud du Mont Tauchal	208
" IX - Quelques débits (m ³ /s) des principales rivières du versant Sud du Mont Tauchal	210
" X - Caractéristiques hydrodynamiques approximatives des principaux aquifères de la région de Téhéran	241
" XI - Teneurs maximales des concentrations en ions de l'eau d'alimentation de la ville de Téhéran	280
" XII - Classifications des eaux d'après leur potabilité	281
XII a - Classification de SCHOELLER	282
XII b - " " BOGOMOLOV	282
XII c - " " KOUNINE pour les humains	282
XII d - " " KOUNINE " " animaux	282
" XIII - Influence d'un pompage sur un ghanat	295

TABLE DES FIGURES

Figures dans le texte.

		<u>entre les</u> <u>pages</u>
1	- Carte tectonique de l'Iran (d'après H. HUBER)	58-59
2	- Plan de situation de la région et des coupes et figures	58-59
2 bis	- Grandes unités structurales de l'Elbourz	60-61
3	- Coupe géologique de la vallée du Kan (Elbourz)	60-61
4	- " " " " " de Faradhzad	60-61
5	- " " " " " " Darakeh	60-61
6	- " " du Sépayeh à Tauchal	62-63
7	- " " des monts de Lipazanak (Sépayeh)	62-63
8	- " " du Sépayeh (Ghar Tchechmeh).	62-63
9	- " " du Nord-Est du Sépayeh	62-63
10	- " " au Nord de Qasr-é-Firouzeh	62-63
11	- " " au Nord-Ouest du Sépayeh	62-63
12	- " " au Nord-Ouest de Turkman Dey	62-63
13	- " " du Paléozoïque du Bibicharbanou	62-63
14	- " " du Bibicharbanou	64-65
15	- " " de l'Ouest du Kouh-é-Zah	64-65
16	- " " " l'Est " " "	64-65
17	- " " du Bassin de Mesgarabad	64-65
18	- Contact entre le Cambrien et le Carbonifère du Bibi.	64-65
19	- Section dans le Bassin de Mesgarabad	64-65
20	- Profil des terres rouges des Hézardareh	78-79
21	- Séquences sédimentologiques dans le Pliocène des Hézardareh	78-79
22	- Alluvions encroûtées à l'Est de Schorkh-Hézar	78-79
23	- " " " 3,5 km avant Schorkh-Hézar	78-79
24	- Relations entre les différentes alluvions : Kan	78-79

		entre les
		<u>pages</u>
25	- Relations entre les différentes alluvions : Av. Pahlavi	78-79
26	- " " " " " : Amirabad	78-79
27	- Détail des alluvions Pliocènes des Hézardareh	86-87
28	- Nord-Est de Schorkh-Hézar	86-87
29	- Coupe géologique entre Talo et Schorkh-Hézar	86-87
30	- " " " Lachgarak et Djavadieh	86-87
31	- Coupe dans le piémont de Téhéran (Est de Phalavi)	86-87
32	- " " " " " (Ouest de Pahlavi)	86-87
33	- Coupe rive gauche du Kan	100-101
34	- Coupe rive gauche de Farahzad	100-101
35	- " à Hézarak (Ouest de Farahzad)	100-101
36	- Faille de la Télévision (Av. Pahlavi)	100-101
37	- " " " " (côté Ouest)	100-101
38	- Esquisse tectonique de la région de Téhéran	104-105
39	- Les niveaux étagés au Sud de Téhéran	138-139
40	- Les niveaux étagés du Karadj au Sud-Ouest du Kouh-é-Arath	138-139
41	- Les terrasses de Lipazanak	138-139
42	- Relevé topographique au 1/10.000 des Hézardareh	138-139
43	- Coupe du puits "Gémayel" (Kahrizak)	144-145
44	- " " " d'Esmailabad	144-145
45	- " " " de Doutouyeh	144-145
46	- Puits à Khamsat	144-145
47	- Coupe de la butte "Gémayel" (Mehdiabad)	144-145
48	- " dans les limons de Téhéran	150-151
49	- " interprétative de la plaine de Téhéran	150-151
50	- Suite vers le Sud de la coupe précédente	150-151
51	- Coupe dans les reliefs volcaniques du Sud	150-151
51 a	- La région de Téhéran pendant le Pleïstocène moyen	170-171
51 b	- " " " " " " " supérieur	170-171
51 c	- Localisation des formations actuelles	184-185
52	- Les limites altitudinales bioclimatiques dans l'Elbourz	184-185
53	- Effet des reliefs sur les précipitations	184-185

	<u>entre les</u> <u>Pages</u>
54 - Effet des reliefs sur les précipitations	184-185
55 - Effet de foehn	184-185
56 - Moyennes mensuelles des pluies à Téhéran	190-191
57 - Courbe des hauteurs de P cumulées	190-191
58 - Hauteurs de P classées	190-191
59 - Moyennes annuelles de P à Téhéran	190-191
60 - Coefficient pluviométrique	196-197
61 - Température moyenne mensuelle. Ecart thermique . . .	196-197
62 - Le bilan de l'eau selon Thornthwaite	196-197
63 - Graphique de Caussen pour Téhéran	196-197
64 - Carte des conditions aux limites des aquifères . . .	224-225
65 - Carte des principales zones aquifères	224-225
66 - Esquisse de carte piézométrique	234-235
67 - Carte d'égales profondeurs de la surface piézométrique	234-235
68 - Carte des zones d'isotransmissivités	242-243
69 - Essais de pompage "Pars Oil Factory"	242-243
70 - Exemple d'évolution des potentiels dans la zone des eaux en charge	242-243
71 - Essais de pompage, plaine de Kahrizak	242-243
72 - Evolution des potentiels, plaine de Kahrizak	244-245
73 - Essais de pompage de Zarakhaneh. Descente	244-245
74 - " " " " " Remontée	244-245
75 - Essais de pompage, zone affaissée d'Ozgol	244-245
76 - Coupe interprétative de la dépression de Mahmoudieh	248-249
77 - Schéma de situation des puits et de leurs images . .	248-249
78 - Cône de déjection. Apex de 90°	248-249
79 - " " " " " 60°	248-249
80 - Carte de zonalité chimique	256-257
81 - Carte des résidus secs	256-257
82 - Carte des résistivités	258-259
83 - Dureté totale	258-259
84 - Isolignes de SO_4	258-259

	<u>entre les</u> <u>Pages</u>
85 - Isolignes de rCl	258-259
86 - Isolignes des rapports rMg/Ca	260-261
87 - Isolignes des rapports rSO ₄ /Cl	260-261
88 - Isothermes des eaux souterraines	260-261
89 - pH des eaux souterraines	260-261
90 - Diagramme log d'analyse chimique n° 1 (faciès 1)	264-265
91 - " " " " n° 2 (" 2)	264-265
92 - " " " " n° 3 (" 2)	264-265
93 - " " " " n° 4 (" 3,4)	264-265
94 - " " " " n° 5 (" 5)	264-265
95 - " " " " n° 6 (" 7)	264-265
96 - " " " " n° 7 (" 7)	266-267
97 - " " " " n° 8 (" 8)	266-267
98 - " " " " n° 9 (" 9)	266-267
99 - " " " " n° 10 (" 10)	266-267
100 - " " " " n° 11 (" 11,12)	268-269
101 - " " " " n° 12 (" 13)	268-269
102 - " " " " n° 13 (" 14, 15,16)	268-269
103 - " " " " n° 14 (faciès 17, 18,19)	268-269
104 - " " " " n° 15 (faciès 21,22)	272-273
105 - " " " " n° 16 (" 23,24)	272-273
106 - " " " " n° 17 (" 25,26)	274-275
107 - " " " " n° 18 (" 27,28)	274-275
108 - Carte de potabilité des eaux souterraines	284-285
109 - Type de puits semi-profond dans la plaine	288-289
110 - Ghanat-réservoir	288-289
111 - Réservoir surmonté d'une coupole ventilée	288-289
112 - Carte de l'étagement des ghanats	288-289

- Cartes hors texte.

- Carte géologique au 1/50.000 de la région de Téhéran.
 - Carte au 1/100.000 : carte géomorphologique.
 - Carte au 1/10.000 : géologie du Sud-Est du Bibicharbanou.
 - Carte des points d'eau 1/100.000.
 - Schéma hydrogéologique 1/100.000.
 - " hydrogéochimique 1/100.000
-

ANNEXES

Annexe I - Relevés piézométriques.
Inventaire des sources.

Annexe II - Analyses physico-chimiques des eaux souterraines.

Annexe III - Lieux et coordonnées des points de prélèvement des échantillons d'eau ayant servi aux analyses physico-chimiques.

Des annexes sont jointes à cette étude, afin de favoriser la diffusion des données mesurées et de permettre la constitution d'archives de référence pour les études postérieures.

ANNEXE I

Campagne piézométrique de l'hiver 1964-65.

Adresses, et coordonnées des points d'eau mesurés.

Profondeur de la surface piézométrique par rapport au niveau du sol.

Mesures effectuées avec une sonde électrique très sensible.

P puits creusés à la main.

F puits forés (profonds).

PM puits mère d'un ghanat.

Liste des sources inventoriées dans la région de Téhéran.

N°	Coordon nées	Profond. de l'eau	Date	Adresse	Type
1	4 N 10	25,4	16-12-64	Phalavi - Kavouzieh, n° 772	P
2	4 N 12	23,25	"	Dr Etemat, rue Qhabadian	"
3	4 N 11	23,88	"	Soc. Diva, rue Qhabadian	"
4	4 N 13	23,66	"	Mr. SALAMAT, rue Qhabadian	"
5	4 N 14	39,20	"	Mr. Albert SAÏD MEHR, rue Qhabadian	"
6	4 N 15	42,60	"	? rue Qhabadian	"
7	5 N 17	43,38	"	? rue Qhabadian, n° 17	"
8	5 N 18	39,84	"	Mr. ZARGARPUR, rue Qhabadian	"
9	5 N 16	45,3	"	N° 45, Kavouzieh	"
10	5 N 15	30	"	Mr. ASCARI, Kavouzieh	"
11	5 N 16	36,30	"	Fabrique chaussures	"
12	5 N 28	27,54	"	Ingénieur KHAFARI	"
13	5 N 19	37,82	"	Dr. PARHAMI	"
14	5 N 29	52,18	"	N° 15, rue Zafar, Davoudieh	"
15	5 N 11	58,04	"	N° 53, rue Zafar, Davoudieh	"
16	5 N 13	48,88	"	N° 27, rue Najmabadi	"
17	5 N 14	36,03	"	N° 20, Nord Davoudieh	"
18	5 N 30	28,24	"	Darrous, route Chemiran	"
19	5 N 26	19,71	"	Darrous, Yakhtchal, n° 16	"
20	5 N 25	25,36	"	Darrous, Yakhtchal, n° 111	"
21	5 N 23	27,38	17-12-64	Ing. VAROUGE, Darous Hedayat	"
22	5 N 31	19,58	"	Rue Loqman, Adham	"
23	5 N 34	24,38	"	Rue Loqman et Gavam	"
24	5 N 35	25,38	"	139, Nosrat, Darous	"
25	5 N 8	45,68	"	20, place Nossat	"
26	5 N 36	39,82	"	Place Ehtestam	"
27	5 N 5	49,98	"	43, place Tuti	"
28	5 N 22	30,05	"	19, rue Sarabi	"
29	5 J 4	26,87	20-12-64	Soc. Tavacol, route Rey	"
30	5 J 5	23,72	"	Mosquée, route Rey	"
31	5 J 6	23	"	Céramique Kasra, route Rey	"
32	5 J 7	16,14	"	Kole - Sang	"
33	5 I 1	13,37	"	Pol - e - Ciment - Sangbori - Rey	"
34	5 I 3	35,73	"	Sangbori "Modern" Hosseinabad	"
35	5 I 5	35,38	"	Sangbori Usine du Khorassan	"
36	5 I 17	19,08	"	Poids et Mesures, Valiabad	"
37	4 H 2	23,45	"	Mr. KASEROUNI, route Qoum	"
38	4 H 3	22,60	"	Sangbori Kheirabad	"
39	4 H 5	21,20	"	Kheirabad	"
40	4 G 1	19,15	"	Bagerabad	"

N°	Coordonnées	Profond. de l'eau	Date	Adresse	Type
41	4 J 8	22,88	23-12-64	Sangbori Eslami, Aliabad	P
42	4 J 10	20,44	"	Bongah Tabas	"
43	4 J 16	19,53	"	Meubles (Mosquée Mère du Shak)	"
44	4 J 20	14,6	"	Amadiyeh	"
45	4 I 1	17,90	"	Minoterie Vaziri	"
46	4 I 3	25,85	"	Usine colorant tissus	"
47	5 I 7	23,29	"	Usine de marbre	"
48	4 G 4	18,04	"	Aliabad de Bagerabad	"
49	3 G 2	10,55	"	Village Kahrizak	"
50	3 G 1	11,50	"	Village Kahrizak	"
51	3 G 3	11,43	"	Pompe-é-Benzin Kahrizak	"
52	3 F 2	10,43	"	Pont d Esmailabad	"
53	3 F 14	5,73	"	Kavirabad	"
54	3 F 15	5,86	"	Kavirabad	"
55	3 F 16	6,52	"	Karivabad Us. de soufre	"
56	3 F 20	7,36	"	Vétérinaire, Mehdiabad	"
57	3 F 18	5,78	"	Mr. GEMAYEL, Mehdiabad (jardin)	"
58	3 G 4	10,75	"	Station essence, Kahrizok	"
59	3 K 11	29,84	26-12-64	Vétérinaire, route de Saveh	F
60	3 K 13	28,24	"	Verrerie, route de Saveh	P
61	3 K 14	18,70	"	Glacière, route de Saveh	"
62	3 K 15	26,08	"	Mr. BARESTANI - Vasfanard	"
63	3 K 17	22,62	"	Marbrerie, Vasfanard	"
64	3 J 1	20,30	"	Ecole Manyeh, Vasfanard	"
65	3 J 2	20,28	"	Derrière cette école	"
66	3 J 3	22,39	"	Soc. Khayati de forage	"
67	3 J 6	27,12	"	Bains de Vasfanard	"
68	3 J 7	24,98	"	Gendarmerie, Vasfanard	"
69	3 J 9	25,23	"	Nahmatabad	"
70	3 J 10	21,69	"	"Asphalt", Nahmatabad	"
71	3 J 12	25,70	"	"Macadam", route de Saveh	"
72	3 J 13	24,60	"	"Asphalt", Payssa	"
73	3 J 15	22,54	"	Boulangier de Esmailabad	"
74	3 J 16	22,15	"	Restaurant de Esmailabad	"
75	2 J 7	20,47	"	Briquetterie Bahman	"
76	2 J 5	19,50	"	Sofaé Tappeh Séfid	"
77	2 J 4	17,80	"	Restaurant Amouzafar, Tappeh Séfid	"
78	2 J 3	20,19	"	Usine colorant, Tappeh Séfid	"
79	2 I 5	19,51	"	Tchaardon Qeh	"
80	2 I 6	29,67	"	Moulin de Tchaardougeh	"

N°	Coordonnées	Profond. de l'eau	Date	Adresse	Type
81	2 I 7	17,80	26-12-64	Briquetterie de Tchaardongeh	P
82	2 I 8	16,58	"	Mr. NASSERICH de Tchaardongeh	"
83	2 I 9	12,52	"	Châtâreh	"
84	1 I 11	12,19	"	Châtâreh	"
85	1 I 14	12,23	"	Bagerabad	"
86	1 H 3	8,88	"	Bagerabad (hopital)	"
87	1 H 7	9,69	"	Khassemabad	"
88	5 K 8	43	"	Volailles, Mesgarabad	"
89	5 K 10	41,31	"	Mesgarabad, en face le cimetière	"
90	6 K 3	41,62	"	Cimetière Juif	"
91	6 K 4	38,80	"	Garage, Mesgarabad	"
92	6 K 5	39,7	"	Usine de coton	"
93	6 J 4	41,12	"	Cimetière chrétien	"
94	6 J 5	42,30	"	Puits particuliers	"
95	6 J 6	35,86	"	Ing., Alam	"
96	6 J 7	33,83	"	Khatounabad	"
97	6 J 9	71,96	"	Station pompage, Massoudieh	F
98	6 J 1	52,60	"	Station pompage, Schahabad Charkh	"
99	6 J 10	46,72 ?	"	Station pompage, Schahabad Kharb	P
100	5 M 4	36,35 ?	29-12-64	N° 11, route Zarabk	"
101	5 M 3	32,80	"	Mr. VAYAN, Zarabkhaneh	"
102	5 M 2	26,96	"	Usine souliers "Vienne", Zarabkhaneh	"
103	5 M 1	49,7	"	Mr. SCHARIFIAN, Zarabkhaneh	"
104	5 N 9	53,18	"	Jardin "Minnie", Zarabkhaneh	"
105	5 N 37	37	"	2ème pontdamétrie, Zarabkhaneh	"
106	5 N 7	43,86	"	Hopital, Mahingeh	"
107	5 N 6	43,40	"	Mr. NOURI	"
108	6 N 7	36,20	"	Mr. AMIR NEJAD	"
109	6 N 6	37,56	"	Mr. KHAZIPOUR	"
110	6 O 8	31,56	"	Usine Mosaïque	"
111	6 O 9	52	"	Araj	"
112	6 O 6	52,20	"	Araj dans le tournant	"
113	6 O 5	65,84	"	Mr. PETIT, Araj	"
114	6 O 4	78,46	"	?	"
115	6 O 2	10	"	Kashanak	"
116	6 L 9	88,80	31-12-64	Jardin Pension, route Mazanderan	"
117	6 L 5	106,26	"	Gaz d'Iran	"
118	4 J 13	18,57	1-1-65	Yarchiabad	"
119	4 I 14	9,42	"	Hazimabad	"
120	7 M 5	8,60	"	Hazimabad près du gros forage	"

N°	Coordonnées	Profond. de l'eau	Date	Adresse	Type
121	4 I 9	24,40	1-1-65	Andersan, devant la mosquée	P
122	4 I 8	32,50	"	Andersan, mosquée	"
123	4 I 10	22,30	"	Hassanabad	"
124	3 H 4	30	"	Qal' e' Nou	PM
125	2 G 1	7,74	"	Chorkhabad	P
126	2 G 2	8	"	Chorkhabad	"
127	2 G 7	10	"	Djahanabad	"
128	2 G 4	18,40	"	Kachanak	"
129	2 G 6	7,43	"	Bains de qeisserabad	"
130	2 F 2	11,13	"	Kabirabad	F
131	2 F 5	4	"	Abdulabad	P
132	2 F 6	5	"	Mahamadabad	"
133	1 F 1	5,10	"	Djalalieh	"
134	1 F 2	3,68	"	Kamalieh	"
135	2 F 7	7,02	"	Torghouzabad	"
136	3 K 20	21,55	6-1-65	Qal' e' Morghi, Etable	"
137	3 J 4	20,41	"	Qal' e' Morghi, Tribu Turque	"
138	3 J 5	20,48	"	Qal' e' Morghi, Laiterie	"
139	4 J 15	13,75	"	Mahamedabad	"
140	3 J 19	23,35	"	Poterie	"
141	3 J 17	24	"	Abdulabad	"
142	3 J 20	23,70	"	Ancienne briquetterie	"
143	3 I 1	10,86	"	Kholazir	"
144	3 I 2	11	"	Mortezagerd, briquetterie	"
145	3 I 5	21,60	"	Mortezagerd, briquetterie	"
146	3 I 4	19,48	"	Mortezagerd, village	"
147	3 H 2	3,48	"	Dinarabad	"
148	3 H 3	0	"	Tchehmeh-Chahi (marécage)	"
149	2 H 3	9,40	"	Djafarabad	"
150	2 H 6	5,71	"	Homarabad	"
151	2 H 7	11,50	"	Tappeh Simoun	PM
152	1 G 1	13,05	"	Nezamabad	P
153	1 G 2	10,27	"	Mianabad	"
154	1 H 9	14,98	"	Deh Abbas	"
155	3 H 4	9,40	"	Mehranabad	"
156	3 I 6	19,55	"	Hosseinabad	"
157	5 I 12	30	7-1-65	Marbrerie, route Varamine	"
158	5 I 14	26,70	"	Marbrerie, route Varamine	"
159	5 I 15	24,85	"	Laiterie Séra-é-Varamine	"
160	5 I 16	23,78	"	Marbrerie, Khosroma	"

N°	Coordonnées	Profond. de l'eau	Date	Adresse	Type
161	5 H 2	21,92	7-1-65	Sucrierie	P
162	6 H 4	15,43	"	Briquetterie, Firuzabad	"
163	6 H 6	9,75	"	Ing., Achrafi Firuzabad	"
164	7 G 1	9,45	"	Qal' e' Nou de Varamine	"
165	6 I 1	28,40	"	Briquetterie, Aminabad	"
166	6 I 2	36,50	"	Entrepos Aminabad	F
167	3 K 9	34,67	13-1-65	Soc. Böhler, Téhéran	P
168	3 K 8	38	"	Usine farine	"
169	3 K 7	40,5	"	Usine "Tunnel et Bâtiment"	"
170	3 K 4	45,90	"	Laiterie	"
171	3 K 5	48,40	"	Vétérinaire, Mehrabad	"
172	2 K 12	46,43	"	Osocola	"
173	2 K 11	49,74	"	Glaciaire, Mehrabad	"
174	2 K 10	51,55	"	Canada Dry	F
175	2 K 8	55,70	"	Usine chaussures, Melli	P
176	2 K 7	50,74	"	Neyrperse	F
177	2 K 13	50	14-1-65	Souliers, Melli Mehrabad	P
178	13 bis	46,35	"	Souliers, Melli Mehrabad	F
179	2 K 3	55,10	"	"Standart Organization"	F
180	1 K 1	75,25	"	Vitana	P
181	1 K 5	65,88	14-1-65	Usine plastique	"
182	3 F 13	10,13	"	Hosseinabad	F
183	4 E 3	12,73	"	Puits abandonné	P
184	5 D 2	7,01	"	Puits abandonné	"
185	5 D 1	23	"	?	"
186	4 E 1	18,69	"	Ahmedabad (Dutuyeh Bala)	"
187	5 F 2	5,49	"	Mr. AMINI, Rézayeh	"
188	3 F 6	5,11	"	Qal' e' Nou	"
189	3 F 7	10,31	"	Qal' e' Nou	PM
190	3 F 9	4,35	"	Mr. AMINI, Nou	P
191	3 F 5	12,15	"	Mr. AMINI, Mahmedabad	F
192	3 F 1	5,60	"	Allacheir	P
193	4 F 1	5,53	"	Qal' e' Seyet	"
194	4 G 5	3,33	"	Dursunabad	"
195	4 G 6	9,55	"	Qamsat (Ouest)	PM
196	4 G 7	9	"	Qamsat (Est)	P
197	5 F 3	10	"	Dursunabad	"
198	5 F 2	9,41	"	Dursunabad	"
199	5 F 4	3,22	"	Dursunabad (village)	"
200	5 F 1	12,91	"	Najmabad	"
201	6 F 2	5,42	"	Tchaaltaran	"
202	6 F 1	12,39	"	Tchaaltaran passage à niveau	"

SOURCES (TCHECHMEH) DE LA REGION DE TEHERAN

Nº	Coordon- nées	Lieu
1	1 N 1	N-E du village de Kan
2	5 O 2	N de Dézachoub (Hézarak)
3	7 O 1	N-O de Souhanak
4	7 O 2	Source de Schadabad
5	8 O 1	Héizardareh (col)
6	9 N 2	Talau Bala
7	9 N 1	Talau Païn
8	8 M 1	Qasr-é-Séfid
9	9 M 3	Source Safayeh, route Ab-Ali
10	8 L 1	Sépayeh N-O
11	9 L 1	Sépayeh N-E
12	9 L 2	Sépayeh N-E
13	9 L 3	Sépayeh N-E
14	10 L 1	Sépayeh N-E
15	9 L 4	Sépayeh N-E
16	9 K 1	Sépayeh, Tchechmeh Mollahkhan
17	9 K 2	Sépayeh, Tchechmeh Hachem-é-Khan
18	7 J 1	Source de Mesqarabad
19	7 J 2	Source du Kouh-é-Zah
20	5 I 4	Tchechmeh Ali (Rey)
21	6 I 5	Sanctuaire du Bibicharbanou
22	3 H 3	Tchechmeh Schahi
23	3 D 1	Tchechmeh Naïn (Arath-Kouh)
24	4 B 1	Source minérale (S-E du Kouh-é-Arath)

ANNEXE 2

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX
SOUTERRAINES DE LA REGION DE TEHERAN

Méthode d'analyse : A.P.H.A.

Température de l'air : au moment de l'analyse (laboratoire) en degréscentig.

Température de l'eau : au moment du prélèvement (sur le terrain).

Résistivité en ohms/cm à 20° C.

Alcalinité exprimée en mg/l de $\text{CO}_3 \text{ Ca}$.

Résidu sec à 180° C.

Dureté totale exprimée en mg/l de $\text{CO}_3 \text{ Ca}$.

Calcium exprimé en mg/l de Ca.

Magnésium " " " " Mg.

Chlorures " " " " Cl.

Sulfates " " " " SO_4

Sodium " " " " Na.

Potassium " " " " K

Les rapports caractéristiques sont calculés en milliéquivalents.

Les analyses ont été effectuées au Laboratoire Central de l'Organisation des Eaux de la ville de Téhéran.

Se reporter à l'annexe n° 3 pour la situation des échantillons d'eau.

ECHANTILLON N°	1	2	3	4	5	6	7	8
(1) Date de prélèv.	19-4	19-4	19-4	19-4	19-4	20-4	20-4	20-4
(2) Temp. de l'air	20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°
(3) Temp. de l'eau	20,2	17,5	17,2	18,8	18,5	20	17,5	12
(4) Résis. (ohms/cm)	1250	909	1000	1538	1000	1538	1000	3225
(5) Alcalinité	190	240	280	190	270	190	410	150
(6) pH	7,42	7,41	7,26	7,2	7,24	7,7	6,8	8
(7) Résidu à 180°	824	856	690	838	772	540	860	420
(8) Dureté tot.(mg/l)	330	540	464	470	470	220	520	190
(9) Ca	88	160	110	133,6	125,6	60	160	40
(10) Mg	26,4	33,6	34,56	32,64	37,44	16,8	28,8	21,6
(11) Cl	70	105	80	105	60	75	100	25
(12) SO4	85,12	205,44	80,64	128,64	135,68	80,6	205,4	135,6
(13) Na	76	78	82	96	86	98	84	28
(14) K	2	2	2	2	2	2	2	2
(15) rSO4/Cl	0,898	1,45	0,745	0,91	1,68	0,796	1,515	4,03
(16) rMg/Ca	0,5	0,35	0,524	0,409	0,497	0,466	0,30	0,9
(17) i.e.b.	-0,7	-0,16	-0,61	-0,43	-1,25	-1,03	-0,31	-0,815

ECHANTILLON N°	9	10	11	12	13	14	15	16
(1)	20-4	20-4	22-4	22-4	22-4	22-4	22-4	23-4
(2)	20	20	20	20	20	20	20	21
(3)	19	17,5	15	18	16	17,8	18,8	13
(4)	833	1785	3333	2631	4761	4761	3225	3333
(5)	420	200	200	210	280	400	450	180
(6)	7,08	7,6	7,8	7,74	7,82	7,9	7,92	8,02
(7)	895	760	584	680	630	778	925	208
(8)	570	250	250	350	520	500	500	180
(9)	136	80	60	90	140	120	128	52
(10)	55,2	12	24	24	40,8	48	43,2	12
(11)	110	35	45	90	125	150	125	15
(12)	85	128,6	92,8	43,57	101,1	131,2	115,84	52,32
(13)	100	58	56	54	62	100	100	34
(14)	2	2	1	1	2	2	2	4
(15)	0,57	2,73	1,524	0,35	0,596	0,646	0,685	1,524
(16)	0,676	0,25	0,66	0,445	0,486	0,66	0,56	0,385
(17)	0,42	1,6	-0,93	+0,07	+0,21	-0,04	-0,25	-4,95

ECHANT. N°	17	18	19	20	21	22	23	24	25
(1)	23-4	23-4	23-4	24-4	24-4	24-4	24-4	24-4	24-4
(2)	21° C	21° C	21° C	21° C	21° C	21° C	21° C	21° C	21° C
(3)	17,2	17,2	15,2	15,2	18,2	20,8	23	24,1	21,8
(4)	2325	4166	3846	2777	2439	2941	2941	3703	2777
(5)	150	390	230	180	20	220	290	380	250
(6)	7,77	7,8	7,76	7,82	7,8	7,76	7,78	7,9	7,94
(7)	514	696	934	430	318	268	738	910	622
(8)	340	400	320	220	150	150	260	440	110
(9)	100	120	72	68	40	40	48	100	16
(10)	21,6	24	33,6	12	12	12	33,6	45,6	6,2
(11)	95	125	105	50	50	70	100	200	70
(12)	81,82	80	328,32	52,32	26,88	104,96	105,76	204,8	122,24
(13)	52	96	450	58	40	80	60	90	70
(14)	0,00	2	4	0,00	2	1	2	2	2
(15)	0,634	0,47	2,32	0,773	0,397	1,108	1,224	0,756	1,29
(16)	0,36	0,33	0,777	0,294	0,5	0,5	1,17	0,76	0,645
(17)	-0,15	-0,20	-4,6	-0,79	-0,27	-1,28	+0,05	+0,298	-0,57

ECHANT. N°	26	27	28	29	30	31	32	33	34
(1)	25-4	25-4	25-4	25-4	25-4	26-4	26-4	26-4	26-4
(2)	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C
(3)	18	19	17	19,8	15,1	16	18,2	18,2	17
(4)	2439	2857	2941	2777	3703	3333	2325	3125	3030
(5)	190	210	190	185	150	150	200	180	130
(6)	7,8	7,82	7,74	7,82	7,94	8,02	7,76	8	7,86
(7)	302	224	254	400	194	246	326	246	278
(8)	150	130	130	200	110	110	170	90	120
(9)	40	40	40	36	40	32	44	24	40
(10)	12	7,2	7,2	26,4	2,4	7,2	14,4	7,2	4,8
(11)	30	5	15	20	10	15	25	20	10
(12)	53,76	17,28	28,80	23,68	17,28	23,68	55,68	19,4	22,4
(13)	25	35	34	24	26	25	24	22	24
(14)	2	2	2	2	2	2	1	2	2
(15)	1,33	2,57	1,43	0,875	1,29	1,17	1,66	0,715	1,66
(16)	0,5	0,3	0,3	1,22	0,1	0,375	0,545	0,5	0,2
(17)	-0,35	-10,2	-2,69	-0,8	-3,2	-1,71	-0,53	-0,78	-2,9

ECHANT. N°	35	36	37	38	39	40	41	42	43
(1)	26-4	26-4	24-4	24-4	27-4	27-4	27-4	27-4	27-4
(2)	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C	23° C	23° C	23° C
(3)	16,2	17	15	18,2	18,5	17,8	19	19,5	17,5
(4)	4166	3333	3846	2500	2777	3571	1428	1408	2631
(5)	150	160	150	190	200	150	180	200	210
(6)	8,08	8	7,82	7,66	7,72	7,7	7,54	7,44	7,74
(7)	166	220	174	274	234	198	496	436	230
(8)	120	100	130	150	130	140	340	300	150
(9)	36	28	32	44	36	40	100	96	40
(10)	7,2	7,2	12	9,6	9,6	9,6	21,6	14,4	12
(11)	15	20	20	30	15	15	100	85	25
(12)	21,76	10,88	16	29,44	19,4	17,92	54,40	53,12	24,32
(13)	26	25	26	24	30	25	68	80	64
(14)	2	2	2	2	2	2	2	3	1
(15)	1,07	0,404	0,595	0,732	0,95	0,88	0,46	0,46	0,72
(16)	0,33	0,43	0,625	0,364	0,444	0,4	0,36	0,25	0,5
(17)	-1,81	-1,03	-1,11	-0,298	-2,2	-1,71	-0,067	-0,48	-3,32

ECHANT. N°	44	45	46	47	48	49	50	51	52
(1)	27-4	27-4	28-4	29-4	29-4	28-4	28-4	30-4	30-4
(2)	23° C	24° C	23,5° C	23,5° C	23,5° C	23,5° C	23,5° C	24° C	24° C
(3)	17,5	17,5	17,4	18,2	18,8	17	17	18,8	19,5
(4)	1724	2173	166	1851	1250	2173	714	1851	2083
(5)	260	230	520	250	250	240	470	230	220
(6)	7,5	8,1	7,6	7,52	7,8	7,54	7,28	7,4	7,7
(7)	364	338	4168	356	412	244	908	294	298
(8)	280	70	700	230	240	220	560	150	80
(9)	88	20	120	52	56	60	136	56	28
(10)	12	4,8	96	24	24	16,8	26,4	2,4	2,4
(11)	50	25	500	50	45	20	100	30	45
(12)	56,32	34,56	327,04	46,72	71,68	42,24	129,92	38,4	25,6
(13)	66	98	1000	80	100	50	320	74	100
(14)	0,00	0,00	10	1	1	2	3	2	2
(15)	0,83	1,03	0,48	0,686	1,17	1,58	0,96	0,95	0,417
(16)	0,227	0,4	1,33	0,77	0,714	0,467	0,312	0,75	0,143
(17)	-1,03	-5,08	-2,96	-1,55	-2,2	-2,96	-3,94	-3	-2,46

ECHANT. №	53	54	55	56	57	58	59	60	61
(1)	30-4	30-4	30-4	1-5-64	1-5-64	2-5	2-5	2-5	2-5
(2)	24 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C	23,5 ⁹ C	23,5 ⁹ C	23,5 ⁹
(3)	19,5	19	18	18,2	16,5	18	16	18	18
(4)	2702	1666	2380	66	357	2941	4166	2702	4000
(5)	150	300	150	380	530	170	120	135	140
(6)	7,7	6,74	7,4	7,3	7,48	7,86	7,94	8,01	8
(7)	192	346	224	13614	1604	230	104	120	214
(8)	110	170	110	2830	400	150	110	90	120
(9)	32	44	30	480	72	36	32	28	28
(10)	7,2	14,4	8,4	381,2	52,8	14,4	7,2	4,8	12
(11)	25	40	50	2250	150	25	10	5	8
(12)	43,52	46,72	44,8	344,32	319,36	37,12	20,48	19,2	14,08
(13)	70	98	76	4700	400	58	42	54	46
(14)	3	2	1	10	0,00	2	1	2	1
(15)	1,30	0,87	0,66	0,114	1,576	1,10	1,52	2,86	1,33
(16)	0,375	0,545	0,466	1,32	1,22	0,666	0,375	0,285	0,715
(17)	3,44	-2,26	-1,35	-2,22	-3,12	-2,67	-5,6	-16,1	-8,2

ECHANT. №	62	63	64	65	66	67	68	69	70
(1)	2-5	2-5	2-5	2-5-64	2-5	2-5	2-5	2-5	2-5
(2)	23,5 ⁹ C	23,5 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C	24 ⁹ C
(3)	17,5	18	15,4	10	14,5	15,5	16,8	15	14,5
(4)	38,43	47,62	47,61	3333	2631	666	1000	3225	2000
(5)	130	120	120	140	150	300	250	140	170
(6)	8	7,94	8	7,7	7,84	7,82	7,36	7,88	8
(7)	220	246	244	260	302	658	764	246	340
(8)	140	140	120	200	240	240	500	180	250
(9)	32	32	32	48	60	32	124	36	72
(10)	14,4	14,4	9,6	19,2	36	38,4	45,6	21,6	16,8
(11)	8	8	8	13	28	173	103	13	33
(12)	20,48	12,8	19,2	37,12	44,16	108	122,24	37,76	59,52
(13)	30	22	22	36	34	296	74	24	35
(14)	1	0,00	0,00	2	2	0,00	1	0,00	1
(15)	1,94	1,21	1,82	2,14	1,18	0,46	0,88	2,18	1,33
(16)	0,75	0,75	0,5	0,666	1	2	0,613	1	0,389
(17)	-5,05	-3,32	-3,32	-3,34	-0,96	-1,64	-0,11	-1,88	-0,65

ECHANT. N°	71	72	73	74	75	76	77	78	79
(1)	11-5	11-5	11-5-64	11-5	11-5	11-5	11-5	11-5	11-5
(2)	25° C	25° C	25° C	25° C	25° C	24° C	24° C	24,5° C	24,5° C
(3)	18,4	15,5	15,5	20	18	17,5	17,5	17,5	24,3
(4)	2702	1428	1785	1250	2500	1000	1428	1538	333
(5)	210	250	120	330	180	330	260	270	450
(6)	7,62	7,6	7,8	7,78	7,74	7,42	7,72	7,8	7,64
(7)	216	460	362	534	230	674	384	446	1470
(8)	180	340	220	100	200	500	310	360	1270
(9)	60	108	56	24	60	152	84	100	372
(10)	7,2	16,8	19,2	9,6	12	28,8	24	26,4	81,6
(11)	13	38	23	23	18	68	48	38	403
(12)	19,2	82,56	75,52	96	23,68	148,4	38,4	58,88	154,88
(13)	60	52	70	42	35	47	62	80	75
(14)	2	2	1	2	2	4	2	2	2
(15)	1,11	1,61	2,45	3,13	0,985	1,62	0,592	1,15	0,283
(16)	0,2	0,259	0,57	0,66	0,33	0,316	0,476	0,44	0,366
(17)	-6,38	-1,16	-3,78	-1,92	-2,14	-0,12	-1,04	-2,3	+0,71

ECHANT. N°	80	81	82	83	84	85	86	87	88
(1)	11-5	12-5-64	12-5	11-5	12-5	12-5	12-5	12-5	12-5
(2)	24,5° C	24,5° C	24,5° C	24,5° C	24° C	24,5° C	24,5° C	24,5° C	24,5° C
(3)	20,2	15,2	16,8	17,2	17,2	16	17,7	17,7	18
(4)	1538	1666	2500	3125	2325	4000	3333	3030	2380
(5)	250	200	210	160	220	120	160	200	220
(6)	7,92	7,8	7,92	7,92	7,84	7,92	8,04	8,02	7,84
(7)	732	478	256	194	256	106	150	168	314
(8)	520	330	140	160	200	110	150	160	220
(9)	160	100	40	36	48	20	40	44	72
(10)	28,8	19,2	9,6	10,4	19,3	14,4	12	12	9,6
(11)	103	30	50	30	50	5	25	5	30
(12)	158,72	87,67	20,48	12,8	14,8	8,96	17,28	14,72	24,96
(13)	56	30	68	38	47	31	37	26	30
(14)	2	2	3	2	2	1	2	1	2
(15)	1,14	2,18	0,303	0,318	0,218	1,335	0,515	2,18	0,62
(16)	0,3	0,32	0,4	0,76	0,67	1,2	0,5	0,455	0,22
(17)	+0,14	-0,6	-1,15	-1,02	-0,48	-8,8	-1,34	-7,2	-0,608

ECHANT. N°	89	90	91	92	93	94	95	96	97
(1)	14-5	14-5	14-5	14-5	14-5	14-5	14-5	14-5	16-5-64
(2)	24,5° C	24,5° C	25° C	25° C	25° C	25° C	25° C	25° C	25° C
(3)	18	12	16	17,5	19,5	19,5	19,5	19,5	20
(4)	1000	3571	1176	3030	3571	2432	3030	2941	1176
(5)	320	600	280	160	150	210	30	180	200
(6)	7,46	7,84	7,3	7,7	7,86	7,64	7,8	7,06	7,42
(7)	532	1056	610	200	180	272	192	228	572
(8)	200	780	380	170	120	220	130	150	250
(9)	80	200	112	48	44	72	160	48	40
(10)	24	67,2	24	12	2,4	9,6	21,6	21,6	21,6
(11)	125	10	48	23	38	48	18	18	118
(12)	69,12	26,88	100,48	20,48	16,64	22,40	17,28	16	62,08
(13)	184	30	58	26	28	26	44	34	9
(14)	2	2	2	2	10	2	2	3	3
(15)	0,41	2	1,6	0,66	0,323	0,345	1,635	1,52	0,39
(16)	0,5	0,56	0,358	0,416	0,91	0,22	0,2245	0,75	0,9
(17)	-1,29	-3,82	-0,9	0,84	0,28	+0,12	-7,9	-6,05	-0,86

ECHANT. N°	98	99	100	101	102	103	104	105	106
(1)	16-5	16-5	16-5	16-5	16-5	16-5	16-5	16-5-64	17-5
(2)	25° C	25° C	25° C	26° C	26° C	26° C	26° C	26° C	26° C
(3)	19,8	19,8	18,6	18,2	18,2	19,3	19,6	23,2	22,2
(4)	1000	1250	1000	3225	2857	2222	2500	1000	1428
(5)	210	220	220	170	190	230	220	250	250
(6)	7,18	7,52	7,3	8,2	8,08	8	8,16	8,06	8,12
(7)	882	600	818	156	224	374	262	676	476
(8)	240	310	310	120	110	150	90	160	110
(9)	60	60	64	36	20	36	20	36	28
(10)	21,6	38,4	38,4	7,2	14,4	14,4	9,6	16,8	9,6
(11)	157	107	163	3	18	18	13	43	48
(12)	122,88	94,08	99,20	16,64	32,64	58,88	29,44	215,68	112
(13)	140	88	120	44	68	90	86	200	176
(14)	3	2	2	2	2	2	1	3	2
(15)	0,58	0,642	0,45	4,33	1,36	2,45	1,705	3,7	1,72
(16)	0,6	1,07	1	0,33	1,2	0,66	0,8	0,077	0,57
(17)	-0,39	-0,27	-0,139	-23,5	-5,02	-6,92	-9,45	-6,25	-4,7

ECHANT. N°	107	108	109	110	111	112	113	114	115
(1)	17-5	17-5	17-5	17-5	18-5	18-5	18-5-64	18-5	18-5
(2)	26° C	26° C	26° C	26° C	26° C	26° C	26,5° C	26,5° C	26° C
(3)	22,2	23	21,6	22	21,3	26	20,5	17,3	16,4
(4)	1000	1111	1250	1111	1724	1428	1538	1333	1111
(5)	290	280	330	280	220	330	300	350	270
(6)	0,22	9,16	9,26	9,01	8,86	8,9	8,68	8,94	0,2
(7)	1132	622	516	620	358	562	520	478	630
(8)	140	100	80	130	130	110	210	330	100
(9)	32	24	20	32	32	24	36	60	24
(10)	14,4	9,6	12	12	12	12	28,8	43,2	9,6
(11)	93	48	38	38	20	30	50	25	15
(12)	338,56	131,2	97,28	160	61,44	98,56	100,58	76,16	152,32
(13)	450	330	310	310	158	180	140	168	188
(14)	4	2	2	2	2	2	2	6	2
(15)	2,7	2,03	2	3,11	2,28	2,41	1,49	2,26	7,57
(16)	0,75	0,66	1	0,625	0,625	0,835	1,33	1,2	0,66
(17)	-6,5	-9,66	-11,65	-11,65	-11,3	-8,4	-3,36	-9,64	-18,6

ECHANT. N°	116	117	118	119	120	121	122	123	124
(1)	18-5	18-5	18-5	18-5	18-5	19-5-64	19-5	19-5	19-5
(2)	26° C	27° C	27° C	26° C	26° C	27° C	27° C	27,5° C	27° C
(3)	20	18	18	16	10	27	27	27,5	27
(4)	1111	1333	1000	2380	1923	1000	1000	500	1176
(5)	260	300	220	330	250	20	24	29	23
(6)	8,51	8,9	8,39	8,09	8,92	8,22	8,3	7,48	8,49
(7)	406	698	352	440	340	716	796	826	260
(8)	220	160	200	360	180	540	440	390	240
(9)	48	32	48	96	44	136	104	80	36
(10)	24	19,2	19,2	28,8	16,8	48	43,2	43,2	36
(11)	50	15	100	30	50	90	65	270	15
(12)	87,04	205,44	26,88	28,16	52,48	172,8	310,40	174,08	64,64
(13)	180	188	146	72	86	66	168	210	74
(14)	4	2	2	3	2	3	5	12	2
(15)	1,29	10,2	0,1985	0,698	0,78	1,42	3,53	0,475	3,22
(16)	0,834	1	0,66	0,5	0,636	0,59	0,693	0,9	1,665
(17)	-4,63	-18,6	-1,27	-2,81	-1,68	-6,35	-3,03	-0,24	-6,9

ECHANT. N°	125	126	127	128	129	130	131	132	133
(1)	19-5	20-5-64	20-5	20-5	20-5	25-5-64	25-5	25-5	26-5
(2)	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C
(3)	21	21	20	20,8	19,2	21,5	18	18,2	17,2
(4)	1176	1000	1052	1000	554	666	666	1000	625
(5)	30	21	20	25	24	31	320	310	360
(6)	7,42	8,46	8,4	8,32	8,17	8,28	7,38	7,44	7,8
(7)	458	700	552	618	8,17	8,28	7,38	7,44	7,8
(8)	300	500	400	320	960	814	920	836	988
(9)	52	136	100	80	510	400	540	420	590
(10)	40,8	39,4	36	28,8	52,4	40,8	45,6	40,8	62,4
(11)	35	150	140	100	140	130	153	158	148
(12)	137,60	106,88	76,8	166,4	247,68	216,32	203,52	177,9	247,4
(13)	200	80	88	200	180	168	450	500	300
(14)	12	2	2	6	12	8	3	7	2
(15)	2,92	0,525	0,406	1,226	1,31	1,24	0,985	0,835	1,205
(16)	1,306	0,48	0,6	0,6	0,872	0,74	0,543	0,68	0,788
(17)	-8,18	+0,16	+0,01	-2,14	-1,06	-1,05	-3,54	-3,92	-2,07

ECHANT. N°	134	135	136	137	138	139	140	141	142
(1)	25-5	25-5	25-5	25-5	25-5	25-5	25-5	26-5	26-5
(2)	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C
(3)	17	18,6	16,2	23,2	16	21,5	20	19	18,5
(4)	1111	1250	1000	143	588	38	250	500	500
(5)	380	450	420	400	180	360	450	480	350
(6)	7,34	7,52	7,46	8,52	7,34	7,46	7,58	7,1	7,35
(7)	700	644	774	5304	1004	48072	1986	1080	1130
(8)	380	280	400	1010	100	4290	380	490	460
(9)	80	60	60	128	12	892	80	138	88
(10)	43,2	31,2	60	165,6	16,8	134,4	43,1	40,8	57,6
(11)	68	48	98	368	83	16648	83	175	225
(12)	92,8	108,8	153,6	343,04	212,48	353,92	209,92	319,36	174,08
(13)	250	350	500	2400	1150	26000	1986	66	68
(14)	2	2	2	6	2	16	2	2	2
(15)	1,01	1,67	1,16	0,69	1,895	0,0157	1,87	1,35	0,57
(16)	0,9	0,866	1,666	2,16	2,33	0,251	0,9	0,53	1,09
(17)	-4,72	-10,3	-6,9	-9,08	-20,4	-1,41	-36	+0,408	+0,525

ECHANT. N°	143	144	145	146	147	148	149	150	151
(1)	26-5	26-5	26-5	26-5	26-5	26-5	26-5	26-5	27-5
(2)	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	28° C
(3)	19,5	18	18	18,5	17,5	20	17,5	19	18,2
(4)	434	500	384	312	280	400	555	715	2500
(5)	520	300	20	300	450	470	450	370	200
(6)	7,22	7,66	7,26	7,5	7,62	7,6	7,44	7,42	7,7
(7)	1318	1146	1424	2654	1470	2782	1398	826	286
(8)	690	550	770	750	820	400	480	315	180
(9)	116	104	100	120	120	120	92	72	72
(10)	96	69,6	124,8	108	124,8	40,8	72	32,4	12
(11)	200	300	275	250	425	125	100	100	18
(12)	106,88	122,24	247,4	327,04	216,3	53,12	129,92	53,12	42,88
(13)	75	120	88	140	140	188	86	180	52
(14)	3	3	3	2	2	5	3	2	0,00
(15)	0,396	0,302	0,666	0,976	0,376	0,314	9,64	3,945	1,9
(16)	1,38	1,115	2,08	1,5	1,73	0,74	1,666	0,75	0,384
(17)	+0,41	+0,37	+0,497	+0,12	+0,49	-1,36	-12,6	-27,1	-3,52

ECHANT. N°	152	153	154	155	156	157	158	159	160
(1)	27-5	27-5	27-5	27-5	27-5	27-5	27-5	27-5	27-5
(2)	28° C	28° C	28° C	28° C	28° C	28° C	28° C	28° C	28° C
(3)	23,5	18	17,5	19,2	16,6	19,2	16,8	16,8	16,8
(4)	2250	2250	2854	3125	1666	1620	1535	4000	1111
(5)	250	240	200	180	260	280	400	160	350
(6)	7,6	7,5	7,7	7,46	7,6	7,4	7,2	7,9	7,12
(7)	336	394	246	230	466	534	528	152	724
(8)	250	245	170	160	300	260	360	120	330
(9)	60	64	64	52	80	72	88	40	108
(10)	24	20,4	2,4	7,2	24	19,2	33,6	4,8	14,4
(11)	28	38	13	8	38	63	48	13	88
(12)	23,04	64,64	26,24	19,84	78,72	104,32	71,68	19,84	112
(13)	54	70	42	40	70	92	72	32	96
(14)	0,00	0,00	0,00	2	3	2	2	0,00	24
(15)	0,608	1,26	1,52	1,88	1,532	1,23	1,106	1,15	0,94
(16)	0,66	0,53	0,625	0,23	0,5	0,444	0,636	0,2	0,222
(17)	-1,96	-1,84	-4,08	-7,14	-1,9	-1,29	-1,355	-2,86	-0,927

ECHANT. N°	161	162	163	164	165	166	167	168	169
(1)	28-5	28-5	28-5	30-5	30-5	30-5	30-5	30-5	30-5
(2)	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C	27° C
(3)	20,5	22,4	19,2	16,5	15,8	15,5	13,8	18,2	15,5
(4)	3225	3125	1666	1923	1492	2000	3571	625	1724
(5)	180	200	320	280	430	230	180	890	320
(6)	7,5	7,69	7,69	7,87	7,44	8,07	7,77	6,99	7,63
(7)	216	226	408	394	426	346	194	988	480
(8)	100	100	220	150	200	160	130	730	340
(9)	40	28	60	44	52	44	52	192	112
(10)	2,4	7,2	16,8	9,6	16,8	12	4,8	60	14,4
(11)	9	10,5	18,5	7,5	9,5	20,5	9	8	15
(12)	17,28	31,36	65,92	75,52	33,93	47,36	24,32	28,16	46,08
(13)	62	70	90	95	140	96	38	78	26
(14)	2	2	2	2	1	0,00	0,00	3	1
(15)	1,44	2,24	2,64	7,48	2,72	1,73	2,025	2,28	
(16)	0,1	0,428	0,466	0,364	0,538	0,455	0,153	0,52	0,214
(17)	-10	-9,3	-6,6	-18,9	-22,44	-6,32	-5,6	-14,7	-1,74

ECHANT. N°	170	171	172	173	174	175	176	177	178
(1)	30-5	31-5	31-5	31-5	2-6-64	2-6	2-6-64	2-6	2-6
(2)	27° C	27,8° C	27,8° C	27,8° C	27,8° C	27,8° C	27,8° C	27,8° C	27,8° C
(3)	12,4	16	13,4	14	15,5	18	17,8	18,6	17
(4)	4651	1666	1666	2777	3703	3333	3333	2272	166
(5)	150	220	230	250	270	180	210	280	160
(6)	7,99	8,01	8,02	7,74	7,81	7,9	7,81	7,65	7,99
(7)	356	414	420	252	202	228	179	482	262
(8)	220	110	210	210	230	180	240	270	170
(9)	44	32	32	64	48	52	76	80	56
(10)	26,4	7,2	31,2	12	26,4	12	12	16,8	7,2
(11)	5	78	18	18	13	13	28	38	38
(12)	42,24	68,48	37,76	9,6	15,36	24,32	45,44	66,56	55,04
(13)	16	100	100	30	32	34	78	36	50
(14)	0,00	3	2	2	2	0,00	2	2	4
(15)	6,28	0,66	1,57	0,4	0,89	1,405	1,20	1,30	1,075
(16)	1	0,375	1,625	0,312	0,915	0,384	0,263	0,35	0,214
(17)	-3,93	-1,03	-7,8	-1,7	-3	-3,1	-3,36	-1,98	-1,12

ECHANT. N°	179	180	181	182	183	184	185	186	187
(1)	2-6	2-6	6-6-64	6-6	6-6	6-6	6-6	10-6	10-6
(2)	27,8 ^o C	27,8 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C
(3)	17	17	22	23	19,5	18,5	18,5	18,3	17,8
(4)	2941	3225	2941	400	1250	1250	833	1250	1333
(5)	170	170	180	230	330	260	400	320	300
(6)	7,93	7,81	8,34	8,06	7,72	7,9	7,98	7,98	8
(7)	228	280	196	1160	420	460	884	438	468
(8)	180		80	100	300	240	420	220	280
(9)	60		316	36	72	68	72	60	60
(10)	7,2		0,24	2,4	28,8	18,8	57,6	16,8	31,2
(11)	23	48	23	513	28	83	158	58	38
(12)	20,48	31,36	28,80	78,72	49,28	182,40	69,12	58,88	259,20
(13)	38	48	74	700	68	96	340	96	82
(14)	2	2	2	2	10	6	4	1	2
(15)	0,667	0,48	0,94	0,113	1,3	1,62	0,324	0,88	1,15
(16)	0,20		0,0126	0,111	1,3	0,46	1,33	0,466	0,866
(17)	-1,65	-1,73	-4,11	-1,1	-3,06	-3,06	-2,34	-1,57	-2,36

ECHANT. N°	188	189	190	191	192	193	194	195	196
(1)	10-6	10-6	10-6	13-6-64	13-6	13-6	13-6	13-6	13-6
(2)	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C	28 ^o C
(3)	17,6	21	18	18,7	18,7	18,7	20	16	18,2
(4)	500	166	142	3225	1785	769	1612	1428	1388
(5)	370	340	540	140	130	170	200	160	300
(6)	7,9	8,06	8,04	7,6	7,79	7,84	7,72	7,79	7,75
(7)	948	3670	1176	156	102	276	204	144	214
(8)	370	1250	270	140	110	150	100	195	60
(9)	64	244	36	48	43,2	48	36	52	16
(10)	50,4	153,6	40,8	4,8	0,48	7,2	2,4	2,4	4,8
(11)	128	438	138	18	13	38	18	15,5	28
(12)	259,20	348,80	296,32	22,4	17,92	49,92	23,68	22,40	38,4
(13)	400	960	600	40	26	82	84	82	40
(14)	4	6	4	2	2	4	4	4	4
(15)	1,494	0,59	1,584	0,93	1,07	0,97	0,99	1,07	1,01
(16)	1,31	1,05	1,888	0,166	0,0185	0,25	0,111	0,77	0,5
(17)	-3,84	-2,38	-5,74	-2,58	-2,28	-2,42	-6,53	-7,5	-1,33

ECHANT. N°	197	198	199	200
(1)	13-6	14-6	14-6	14-6
(2)	28° C	28° C	28° C	28° C
(3)	21	17	21,7	21,7
(4)	4000	2127	2631	1923
(5)	190	330	260	380
(6)	8,34	7,99	7,79	7,51
(7)	420	620	498	658
(8)	150	190	160	510
(9)	48	68	40	100
(10)	7,2	4,8	14,4	62,4
(11)	18	53	48	48
(12)	26,88	126,08	142,08	136,32
(13)	60	160	180	66
(14)	4	4	5	32
(15)	1,12	1,765	2,2	2,1
(16)	0,25	0,117	0,6	1,04
(17)	-4,42	-3,74	-4,88	-1,73

ANNEXE 3

COORDONNEES ET LIEUX DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

D'EAU AYANT SERVI AUX ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Se reporter à la carte hors texte des points d'eau, pour situer les coordonnées données ci-après.

Nº anal.	Coordonnées	Nº anal.	Coordonnées	Nº anal.	Coordonnées	Nº anal.	Coordonnées	Nº anal.	Coordonnées
1	4 L 8	41	3 L 4	82	5 O 6	122	6 J 6	162	4 I 7
2	4 L 4	42	3 L 1	83	5 O 4	123	6 J 1	163	4 I 10
3	4 L 10	43	3 K 10	84	5 O 1	124	7 J 2	164	1 N 1
4	4 K 2	44	3 K 9	85	5 O 2	125	7 J 1	165	2 N 1
5	4 K 1	45	4 N 5	86	5 O 3	126	5 J 2	166	3 N 1
6	4 L 6	46	4 E 2	87	6 O 1	127	5 J 5	167	4 O 1
7	4 K 4	47	4 L 9	88	6 O 4	128	5 I 4	168	4 O 2
8	4 K 6	48	5 L 10	89	4 L 7	129	6 I 1	169	5 O 1
9	4 K 9	49	5 K 1	90	5 L 1	130	7 I 1	170	6 O 1
10	5 K 2	50	4 K 5	91	5 N 9	131	4 J 12	171	8 M 1
11	5 L 6	51	4 N 11	92	6 N 3	132	4 T 4	172	8 O 1
12	5 L 5	52	5 N 17	93	6 N 1	133	5 I 8	173	7 O 1
13	5 L 8	53	5 N 12	94	6 O 7	134	4 H 2	174	2 J 1
14	5 L 4	54	4 N 4	95	6 N 2	135	4 H 4	175	2 J 2
15	5 L 3	55	4 N 2	96	6 N 4	136	5 F 1	176	1 I 2
16	5 L 9	56	4 E 3	97	4 K 7	137	5 F 20	177	1 I 6
17	5 L 7	57	4 F 4	98	4 K 10	138	2 E 1	178	1 J 1
18	4 K 8	58	4 L 3	99	5 J 1	139	2 F 8	179	1 K 4
19	9 N 1	59	3 L 6	100	4 J 1	140	4 O 2	180	1 K 1
20	5 L 4	60	2 L 4	101	5 L 2	141	5 I 15	181	3 J 1
21	5 L 12	61	3 K 5	102	6 M 4	142	7 H 1	182	2 H 1
22	6 L 1	62	2 K 10	103	6 M 2	143	6 H 3	183	2 H 2
23	6 L 3	63	2 K 6	104	6 M 1	144	6 H 5	184	2 H 7
24	6 L 4	64	2 K 7	105	6 M 3	145	6 H 6	185	1 G 2
25	6 L 6	65	5 N 1	106	6 L 9	146	7 G 1	186	3 H 5
26	4 L 2	66	5 O 9	107	7 M 6	147	6 F 2	187	2 G 7
27	3 L 3	67	5 O 10	108	7 M 4	148	5 F 3	188	2 F 7
28	3 M 4	68	4 N 1	109	7 M 1	149	5 G 1	189	3 F 12
29	3 M 2	69	5 N 11	110	7 M 2	150	5 H 1	190	4 F 2
30	2 M 1	70	5 M 5	111	6 L 8	151	3 K 16	191	1 L 1
31	3 L 2	71	4 N 9	112	7 M 3	152	5 J 6	192	1 L 2
32	3 L 1	72	4 N 7	113	7 M 5	153	3 K 19	193	1 L 3
33	2 M 2	73	4 N 6	114	9 M 2	154	2 I 3	194	1 M 1
34	2 M 3	74	3 N 3	115	9 M 3	155	2 I 8	195	1 M 2
35	2 L 2	75	4 N 8	116	8 M 2	156	1 I 14	196	3 M 1
36	2 L 3	76	5 M 2	117	9 M 1	157	1 H 7	197	3 N 2
37	3 L 5	77	5 N 7	118	5 M 6	158	2 H 4	198	3 M 5
38	3 K 2	78	6 N 5	119	6 N 8	159	2 J 5	199	6 K 1
39	3 K 3	80	5 N 10	120	7 O 2	160	3 K	200	6 I 5
40	2 K 12	81	5 O 7	121	5 K 8	161	4 J 6		

TABLE DES PLANCHES

Planche I	- Paysages de l'Elbourz au Nord de Téhéran.
" II	- Vue générale de la région de Kan.
" III	- Paysages des bordures montagneuses de la région de Téhéran.
" IV	- Relations entre l'Elbourz et le piémont de Téhéran.
" V	- Tectonique du piémont de Téhéran.
" VI	- Les alluvions de Téhéran (1).
" VII	- " " " " (2).
" VIII	- Relations entre les différentes alluvions.
" IX	- Les alluvions de Téhéran (3).
" X	- Les surfaces étagées du piémont de Téhéran.
" XI	- Les terrasses de l'Anti-Elbourz.
" XII	- Laves torrentielles et surfaces étagées du Sud de la région de Téhéran.
" XIII	- Phénomènes morphologiques spéciaux.
" XIV	- Paysages désertiques du Sud de la région de Téhéran (1).
" XV	- Paysages désertiques du Sud de la région de Téhéran (2).
" XVI	- Sols salés polygonaux.
" XVII	- Sols des kévirs.
" XVIII	- Zone d'évaporation permanente des eaux souterraines.
" XIX	- Ghanat de Najmabad.
" XX	- Microfaciès du Sépayeh.
" XXI	- Microfaciès de l'Eocène et du Miocène.
" XXII	- Roches de remplissage de failles.

PLANCHE I

PAYSAGES DE L'ELBOURZ AU NORD DE TEHERAN

Fig. 1 - Vallée montagneuse du Kan en amont de Suleqan.

les sommets escarpés (environ 3000 m) sont constitués par la série des tufs verts supérieurs (e3eI) qui coiffent les fortes épaisseurs des schistes calcaires noirs supérieurs (e3d).

Un cône de déjection fossile remblaye en partie la base des reliefs. Les cultures occupent la terrasse moyenne (q3).

L'érosion actuelle favorise l'encaissement des torrents.

Remarquez le sillon provoqué par des laves torrentielles, sur les flancs des reliefs, sur la gauche de la photographie (Nord à gauche).

Fig. 2 - Vallée supérieure du Kan, à l'aval de Suleqan.

Série des schistes calcaires noirs supérieurs (e3d). La crête escarpée représente la base des tufs verts supérieurs (e3eI).



1



PLANCHE II

VUE GENERALE DE LA REGION DE KAN (rive droite)

Les plantations sont localisées sur l'apex du cône de déjection appartenant au glacis principal (q3c).

Au premier plan : bordure du glacis supérieur.

Au troisième plan : alluvions silteuses pliocènes (PlqI) profondément découpées en "bad-lands" et aplanies par une surface d'érosion. Le tiers de droite est formé par les tufs verts de l'Elbourz qui chevauchent les alluvions que l'on aperçoit à droite, très ravinées (base du 3ème plan).

La rupture de pente, située au-dessus du cirque érodé, indique la limite Sud de cet accident (Nord à droite de la photographie).



PLANCHE III

PAYSAGES DES BORDURES MONTAGNEUSES DE LA REGION DE TEHERAN

Fig. 1 - Anti-Elbourz.

La masse des monts du Sépayeh est constituée par les formations détritiques rouges du Sénonien (K2b), à faibles pendages vers le Nord (Nord à gauche). Les sommets sont couronnés par les calcaires gréseux à exogyres (K2cI) nettement discordants sur les formations antérieures (30° Sud).

Les blocs au premier plan appartiennent au K2cI.

Altitude : 2100 m.

Fig. 2 - 2,5 km à l'Ouest de Kan, l'accident se décèle dans la morphologie, par une rupture de pente et par une différence de couleur. Le contact anormal, couché à l'horizontale (10° Nord), passe à mi-hauteur des contreforts de l'Elbourz.



1



2

PLANCHE IV

RELATIONS ENTRE L'ELBOURZ ET LE PIEMONT DE TEHERAN

Fig. 1 - Accident de Kan (rive gauche).

Les tufs verts éocènes altérés (à gauche), reposent sur les alluvions anciennes fortement redressées et écaillées deux fois. (Voir interprétation fig. 33).

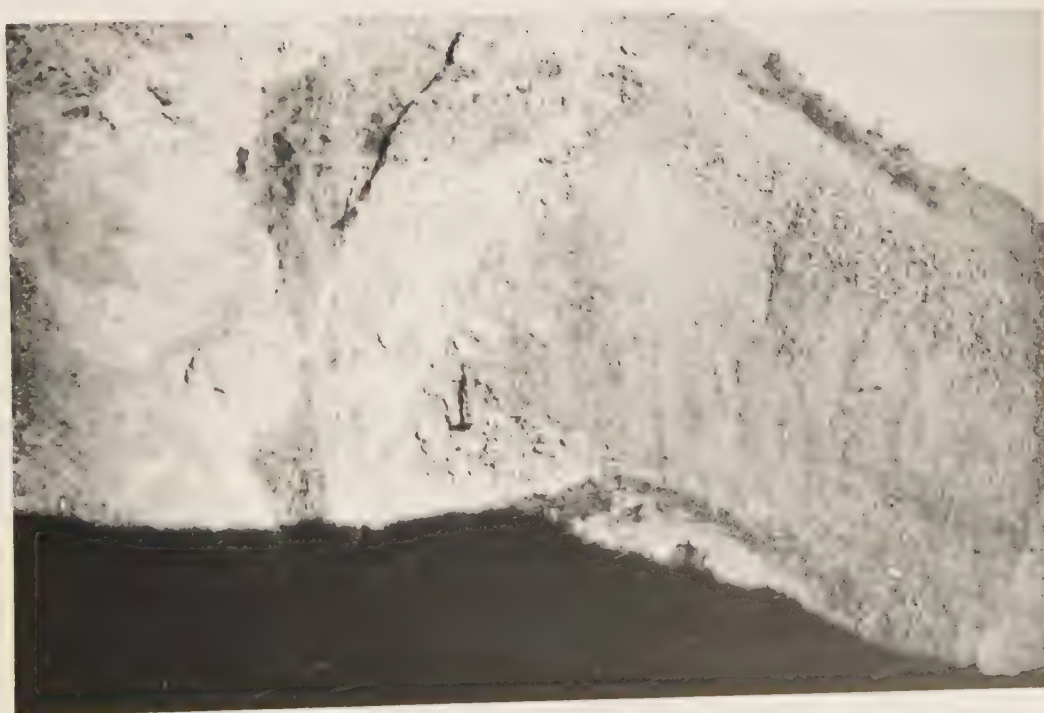
Fig. 2 - Hézarak.

A l'Est du village d'Hézarak, les roches vertes broyées et altérées (à gauche), reposent sur les alluvions plio-quaternaires constituées par des terres rouges.

Remarquez l'existence de "roches vertes" à la base des alluvions au Sud de l'accident. (Interprétation fig. 35, Nord à gauche).



1



2

PLANCHE V

TECTONIQUE DU PIEMONT DE TEHERAN

Fig. 1 - Faille de la "Télévision", avenue Pahlavi. (Voir interprétation fig. 36, Nord à gauche).

Fig. 2 - Schadabad.

Tranchée à l'Est de l'Hôpital de Schadabad.

Une bouillie de "roches vertes" recouvre des terres rousses d'âge indéterminé, mais plus récent que celui des "roches vertes". (Plio-Villafranchien).



1



Page 10

1000000

1

2

3

4

5

1000000

6

7

8

9

PLANCHE VI

LES ALLUVIONS DE TEHERAN (1)

Fig. 1 - Le Plio-Quaternaire des gorges de Fahrazad.

Les alluvions Plq1 sont tectonisées à pendages vers le Nord (à droite).

Remarquez le litage et l'assez bonne homogénéité des alluvions.

Photographie prise au niveau de Bagh'é Feyz.

Fig. 2 - Les alluvions Plio-Quaternaire des Hézardareh.

Route de Lachgarak. Les alluvions sont redressées à la verticale.



1



PLANCHE VII

LES ALLUVIONS DE TEHERAN (2)

Fig. 1 - Les formations encroûtées du Pléistocène moyen.

Glacis-terrasse d'alluvions q2 ("B") encroûtées par des dépôts calcaires secondaires.

Gorges du Schadabad à Lavesan (Nord à droite).

Fig. 2 - Les gorges du Kan.

La rivière Kan s'encaisse actuellement dans un cône de déjection fossile (q3c). Le sommet de la falaise constitue le glacis moyen (glacis principal).



1



2

PLANCHE VIII

RELATIONS ENTRE LES DIFFERENTES ALLUVIONS

Fig. 1 - Terrasse d'alluvions terreuses "C" (q3) reposant sur les alluvions anciennes (PlqI) fortement redressées et rabottées par une surface d'érosion (post- "B").

Avenue Pahlavi au niveau de la Télévision.

Fig. 2 - Alluvions actuelles non fonctionnelles (q42) reposant sur des cailloutis terreux q3 légèrement encroûtés (horizons blanchâtres). Vallée du Kan près du pont de l'autoroute.



1



PLANCHE IX

LES ALLUVIONS DE TEHERAN (3)

Fig. 1 - Terrasse d'alluvions encroûtées "B" reposant en discordance sur les cailloutis anciens PlqI tectonisés et aplanis par la surface d'érosion anté-"B".

Le marteau indique les pendages des alluvions anciennes.

Remarquez l'action de l'érosion mécanique sur le bloc situé à gauche, sous la terrasse (thermoclastisme).

Route de Farahzad, au Nord-Ouest d'Amirabad.

Fig. 2 - Gorges de Fahrazad.

La gorge est le résultat de l'érosion linéaire actuelle qui entaille les alluvions anciennes tectonisées (20° Nord).

Quelques pendages sont visibles entre les touffes d'herbes.

Vers le sommet de la falaise, base du glacis-terrasse supérieure (alluvions q2) avec des lits encroûtés.

Au premier plan, lit actuel (q4).

Rive gauche, Nord à gauche.



1



PLANCHE X

LES SURFACES ETAGEES DE LA REGION DE TEHERAN

Fig. 1 - Vue du glacis d'accumulation n° 3 au Nord de Téhéran.

Remarquez les interfluves arrondis.

Les premières constructions s'étendent sur le glacis principal.
Au fond, la ville de Téhéran est noyée sous son manteau de poussière et de fumée.

Remarquez aussi l'aridité du piémont.

Fig. 2 - Le quatrième glacis-relique des Hézardareh.

Masse alluviale des Hézardareh (PlqI) découpée par de multiples thalwegs aux interfluves aigues.

On distingue nettement une ancienne surface d'érosion dont il ne reste plus qu'un glacis-lanière.

Sur les restants de ce glacis, persiste un horizon de terres rouges supportant quelques touffes d'épineux (alt. 2000 m).

Les versants érodés sont blanchis par l'épandage des résidus d'une croûte calcaire pulvérulente (horizon d'accumulation des terres rouges).



1



2

PLANCHE XI

LES TERRASSES ETAGEES DE L'ANTI-ELBOURZ
=====

Fig. 1 - Les terrasses de Lipazanak.

Le personnage se trouve dans le lit actuel de l'oued (q4).

La masse alluviale claire constitue la 2ème terrasse (q3t).

Au sommet de l'interfluve, terrasse supérieure encroûtée (q2t).

Les rochers sont de rares affleurements de calcaires crétacés.

Fig. 2 - Terrasse encroûtée dans le massif de l'Anti-Elbourz.

Un épais conglomérat (q2t) recouvre les formations détritiques rouges sénoniennes (K2b).



1



2

PLANCHE XII

LAVES TORRENTIELLES ET SURFACES ETAGEES DU

SUD DE LA REGION DE TEHERAN

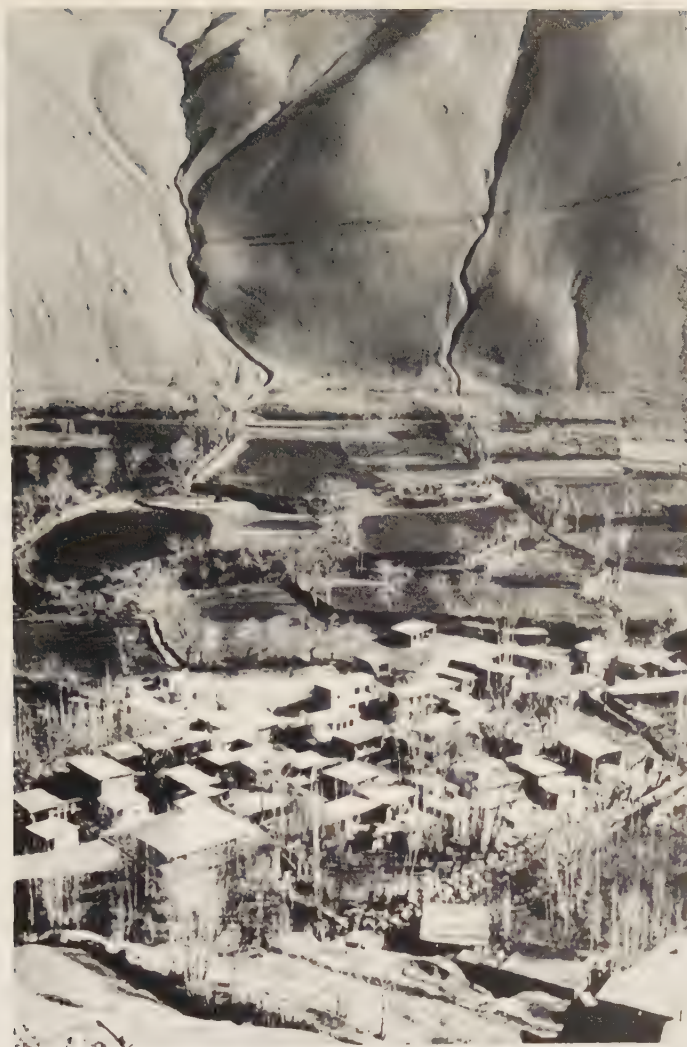
Fig. 1 - Laves torrentielles dans les schistes calcaires noirs supérieurs.

Vallée du Kan au village de Sulegan.

Fig. 2 - Glacis étagés dans l'extrême Sud-Est du Kouh-é-Arath.

Glacis supérieur taillé dans les marnes miocènes et recouvert par un reg pelliculaire d'origine alluviale, légèrement gau-
chi par la tectonique.

Au premier plan, glacis principal (n° 2).



1



PLANCHE XIII

PHENOMENES MORPHOLOGIQUES SPECIAUX

Fig. 1 - Erosion anthropique.

Les travaux d'urbanisme entraînent la disparition de dizaines de mètres de sédiments, comme le montre cette photographie prise à Elayeh.

Fig. 2 - Ecoulement divisé en de multiples ruisselets, après une décrue de la rivière Fahrazad.

Remarquez la présence de gros blocs isolés.

Ecoulement de la gauche vers la droite :

La berge située à l'arrière plan et fortement éclairée, montre les alluvions anciennes (PlcI) redressées à la verticale.



1

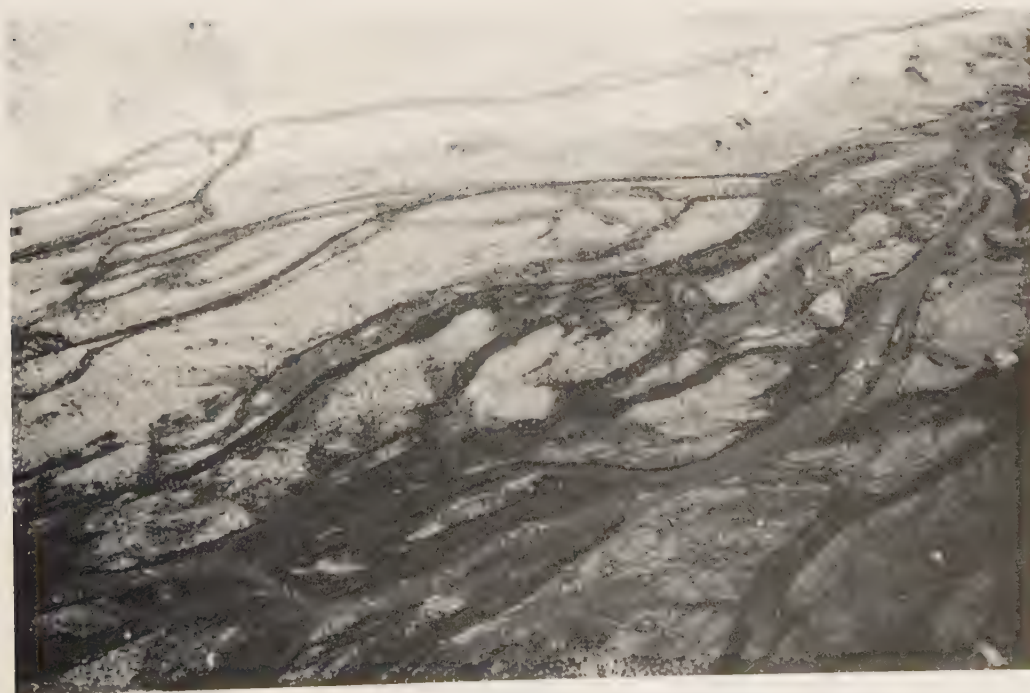


PLANCHE XIV

PAYSAGES DESERTIQUES DU SUD DE LA REGION DE TEHERAN (1)

Fig. 1 - Reg de Qambarabad (Sud-Est du Kouh-é-Arath).

Ce reg provient de l'épandage de galets de l'Elbourz remaniés depuis les dépôts q2t recouvrant les glacis supérieurs.

Ce reg constitue localement le glacis principal (q3r).

Remarquez la particulière stérilité des regs.

L'action du vent, sur ces surfaces planes, se traduit par une linéation plus claire dans la surface noircie du reg.

Fig. 2 - Reg d'origine alluviale recouvrant les surfaces tabulaires des glacis supérieurs du Sud de la plaine de Téhéran.

Les galets sont recouverts par le vernis noir "du désert".



1



2

PLANCHE XV

PAYSAGES DESERTIQUES DU SUD DE LA REGION DE TEHERAN (2)

Fig. 1 - Régolithe provenant de la thermoclastie des coulées trachy-andésitiques des reliefs volcaniques du Sud (alt. 1000 m).

L'arrière plan de la photographie montre le Sud de la plaine de Téhéran à la fin du printemps, quand les eaux souterraines affleurent et subissent une forte évaporation. Le sel blanchit la surface des limons.

Fig. 2 - Zone d'évaporation permanente des eaux souterraines.

Le personnage est à la limite du "Namak Sefid" (sel blanc) et du "Namak Siah" (sel noir).

Des esquisses de figures polygonales de grandes dimensions sont visibles à la surface du "sel noir".

Sud-Est de Dutuyeh Païn. Avril 1965.



1



2

PLANCHE XVI

SOLS SALES POLYGONAUX

Fig. 1 - Kévir de Tchamborax.

Figures polygonales récentes. Elles impliquent aussi bien le "sel noir" que le "sel blanc". Le niveau de l'eau est à 40 cm de profondeur. C'est une zone d'évaporation permanente des eaux souterraines.

Nord-Ouest du Kouh-è-Arath. Février 1965.

Fig. 2 - Figures polygonales dans les sols salés, à un stade postérieur à celui de la vue précédente.

Le "sel noir" a disparu en raison de la sécheresse estivale.

Les polygones s'interfèrent partiellement et les bords des croûtes se relèvent.

Kévir de Tchamborax.



1



2

PLANCHE XVII

SOLS DES KEVIRS

Fig. 1 - Sols salés polygonaux à un stade évolué.

Les polygones ne sont plus reconnaissables à la suite de multiples interférences.

Le relèvement des bords des croûtes, transforme la surface du kévir en "sol labouré".

C'est à ce stade que le sel (sulfate de soude) est recueilli pour être traité dans les usines de soude de Ghaniabad.

Kévir de Tchamborax.

Fig. 2 - Sol salé noir. "Namak Siah".

Foisonnement du sol salé par défloculation des argiles.

Sud-Est des reliefs volcaniques du Sud.



1



2

PLANCHE XVIII

ZONE D'EVAPORATION PERMANENTE DES EAUX SOUTERRAINES

Fig. 1 - Colonie de jeunes tétards frétilant dans une saumure.
Est de la plaine de Kahrizak. Mars 1965.

Fig. 2 - Emergence des eaux souterraines au contact des reliefs volcaniques, au Sud-Est de la plaine de Kahrizak.
Remarquez la forme caractéristique des reliefs en "dos de baleine".



1



PLANCHE XIX

GHANAT DE NEJMABAD

Fig. 1 - "Source" du Ghanat de Nejmadad, au pied de la falaise de Kahrizak.

Remarquez la dénivellée qui est faible ici (glacis étagés), les croûtes rose-saumon, et les efflorescences salines.

Fig. 2 - Aspect désertique du Sud de la plaine limoneuse.

Seule, une rangée d'accacias pousse le long du "djoub" (rigole conduisant l'eau depuis la sortie d'un ghanat). Absence de végétation malgré la saison (printemps)

Remarquez la croûte calcaire dans le coin inférieur droit.

On aperçoit les "taupinières" d'un ghanat, en taches claires sous la ligne d'horizon.



1

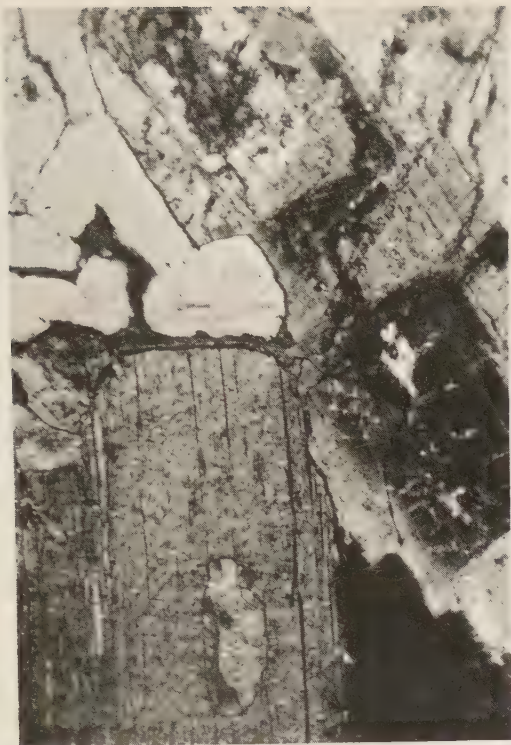


2

PLANCHE XX

MICROFACIES DU SEPAYEH

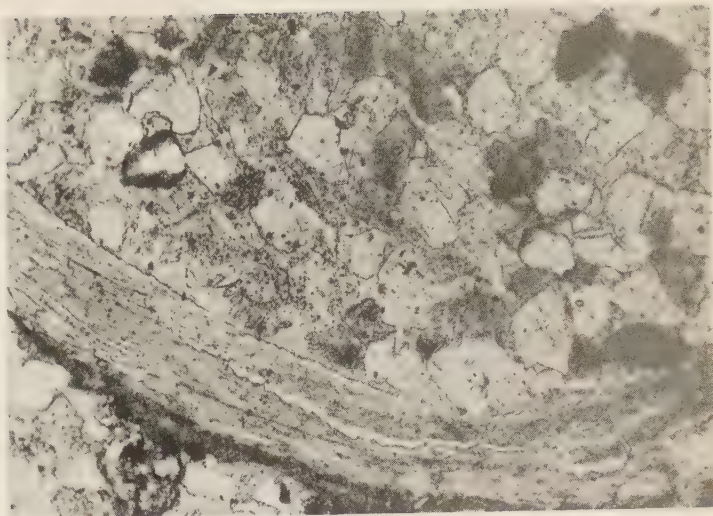
- Fig. 1 - Calcaires gréseux à Exogyres
Quartz calibré, anguleux à sub-anguleux.
Cristaux de dolomie (rares).
Glauconie fréquente.
Débris de lamellibranches (Exogyres).
Le fond de la roche est un calcaire finement cristallisé.
Kouh'é'Sépayeh. Anti-Elbourz, SENONIEN (K2c1). L.N. x 182,5.
- Fig. 2 - Calcaire à bryozoaires et à entroques du SENONIEN (K2c2).
Bryozoaires ; entroques ; polypiers ... et autres organismes récifaux.
Grains de quartz épars. Ciment calcaire très réduit localement.
Anti-Elbourz. Nord-Ouest de Dohak. L.N. x 73.
- Fig. 3 - Calcaire détritique à entroques et à bryozoaires.
Glauconie abondante.
Quartz anguleux abondant.
Oursins, bryozoaires, lamellibranches ...
Fond calciteux finement cristallisé.
Anti-Elbourz. Pied Nord-Ouest du Kouh'é'Zah. SENONIEN (K2b).
L.N. x 73.
- Fig. 4 - Massif grano-dioritique de Qasr'Firouzeh.
Roche grenue à quartz abondant, feldspath, plagioclases acides, biotite, hornblende.
Age possible : Eocène inférieur.
Anti-Elbourz. L.N. x 182,5.
- Fig. 5 - Ryolithe à structure ophitique.
Roche aphanitique gris-vert, aspect gréseux.
Microlithique. Baguettes de plagioclases ; peu de quartz.
Chlorite dans le fond. Fer.
Bassin de Mesgarabad. Anti-Elbourz. L.N. x 73.



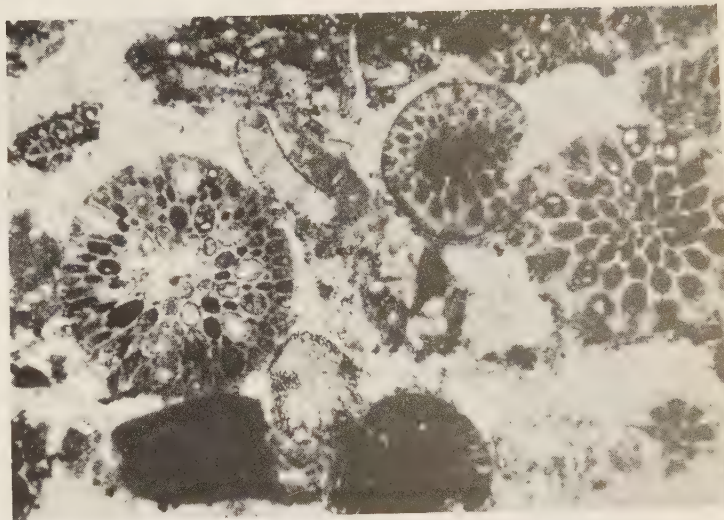
4



5



1



2

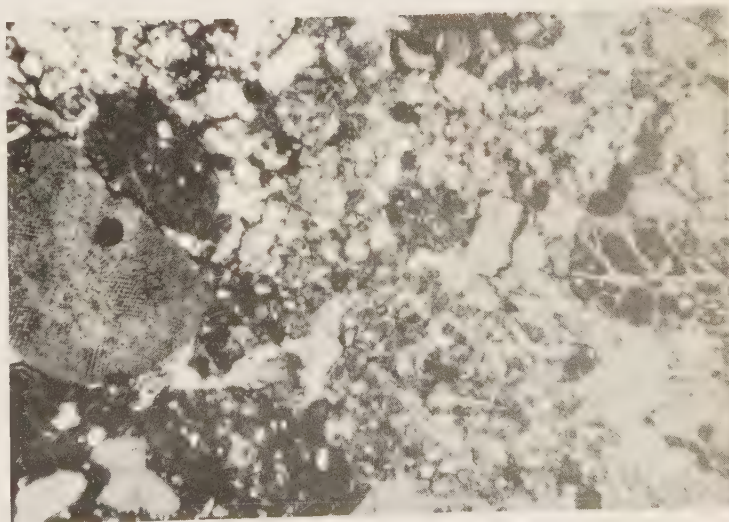
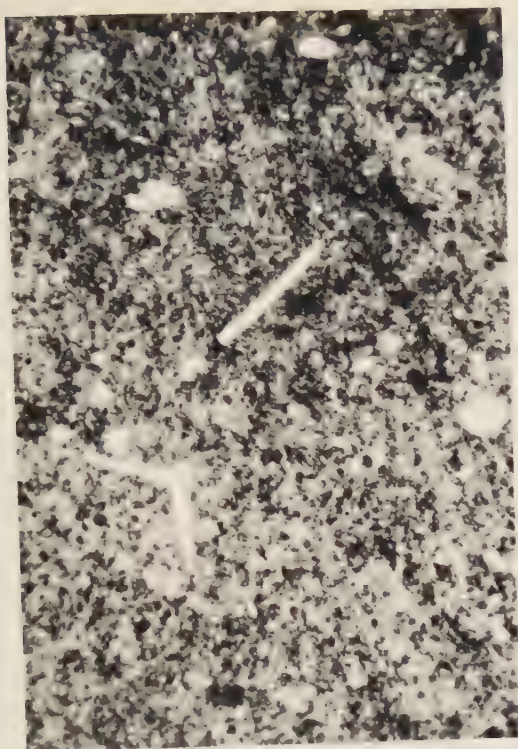


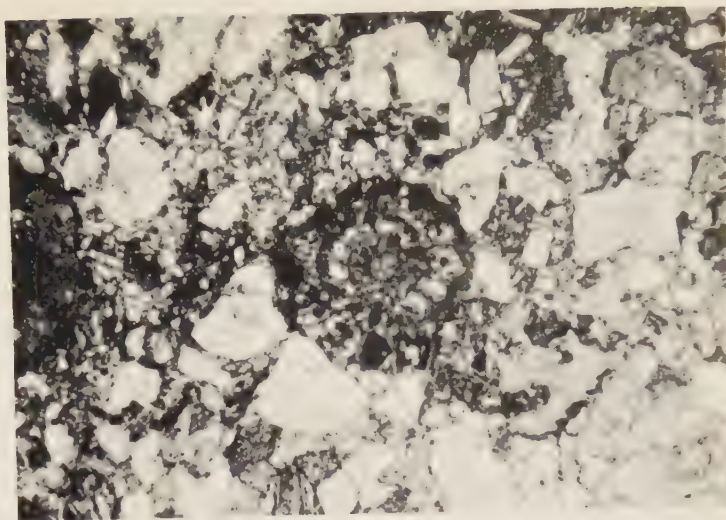
PLANCHE XXI

MICROFACIES DE L'Eocene ET DU MIOCENE

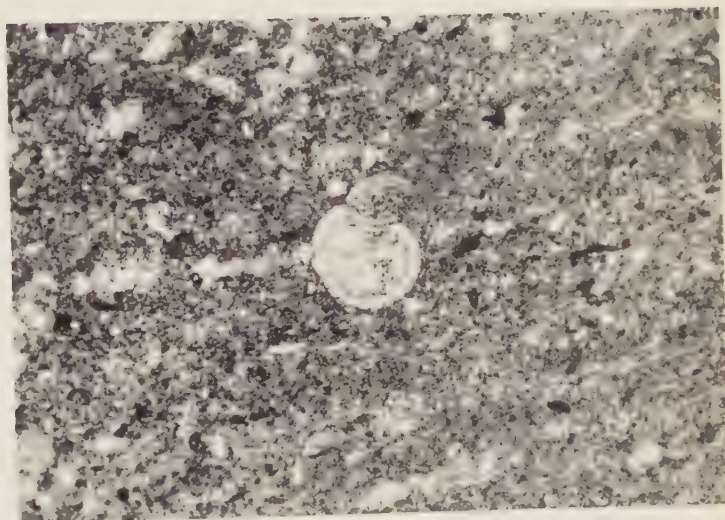
- Fig. 1 - Tuf grossier calcaire de la série des tufs verts inférieurs. (e3c).
Gros cristaux de pyroxènes, de hornblende verte, de quartz, chlorite, calcite.
Éléments roulés de tufs, quartzite.
Numulite.
Type de tuf volcanique sédimenté en milieu détritique calcaire.
Vallée du Kan. Elbourz. L.N. x 73.
- Fig. 2 - Schistes calcaires noirs supérieurs (e3d).
Calcaire siliceux très fin à Globigérines.
Rares cristaux de plagioclases très altérés.
Quartz anguleux. Zircon. Calcite de recristalisation.
Vallée du Kan. Elbourz. L.N. x 182,5.
- Fig. 3 - Agglomérat rouge de l'Eocène (e1).
Micro-brèche avec du quartz anguleux, plagioclases, biotite.
Glauconie en grains. Fer.
Débris de tufs.
Roche mixte ; agglomérat sédimento-volcanique.
Nord du village de Mesgarabad. Anti-Elbourz. L.N. x 73.
- Fig. 4 - Gaize du Miocène.
Roche siliceuse, carbonatée à nombreux spicules d'éponges.
Phosphate en grains.
Nord-Est du Kouh'ê Arath. L.N. x 73.
- Fig. 5 - Verre andésitique à passées trachytiques.
Roche rose violacée, vitreuse.
Lave à structure fluidale très prononcée.
Kouh'ê Arath. Eocène (inférieur ?). L.N. x 182,5.



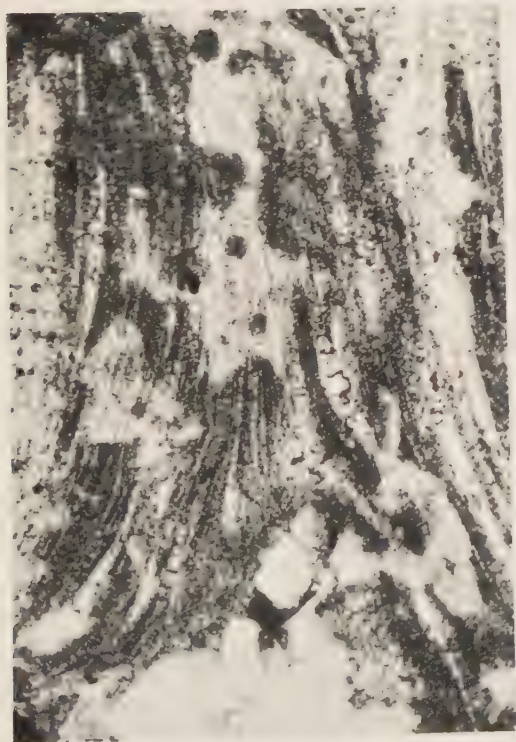
4



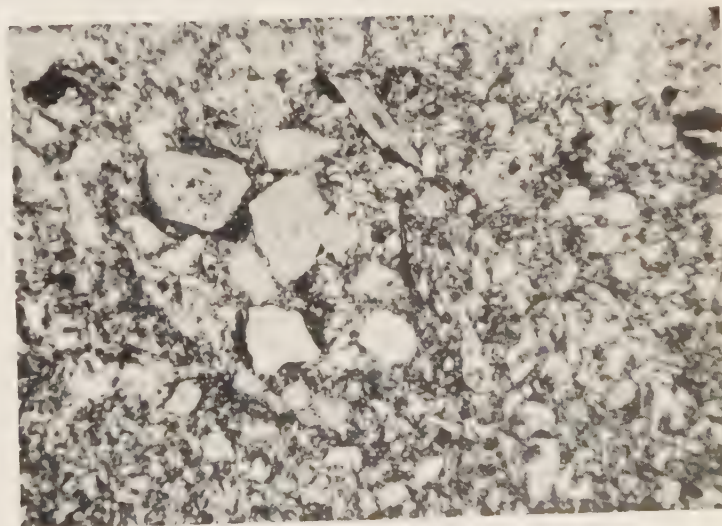
1



2



5



3



PLANCHE XXII

ROCHES DE REMPLISSAGE DE FAILLES

Fig. 1 - Epidotite.

Calcaire du Crétacé, légèrement métamorphisé au contact du massif éruptif de l'Anti-Elbourz.

Plages de calcite envahies par de nombreuses lamelles d'épidote. L'épidote s'est surtout développée sous forme d'un filon dans une zone broyée à éléments de calcaire du Crétacé supérieur.

Des grenats tapissent les épontes de la faille.

Kouh'é'Zah, face Sud. L.N. x 182,5.

Fig. 2 - Filon de roche siliceuse contenant de la malachite et remplissant une zone broyée par une faille.

Les tâches noires sont de la malachite. Autour des sphérolithes de minerais de cuivre, se trouve une première auréole de cristaux de silice. Concentriquement, se développe un ruban de silice à extinction roulante.

La silice à structure quartzitique remplit les intervalles.

Kahrizak. Nazarabad. Faille dans la masse volcanique. LP x 73.

Fig. 3 - Sphérolithes de malachite.

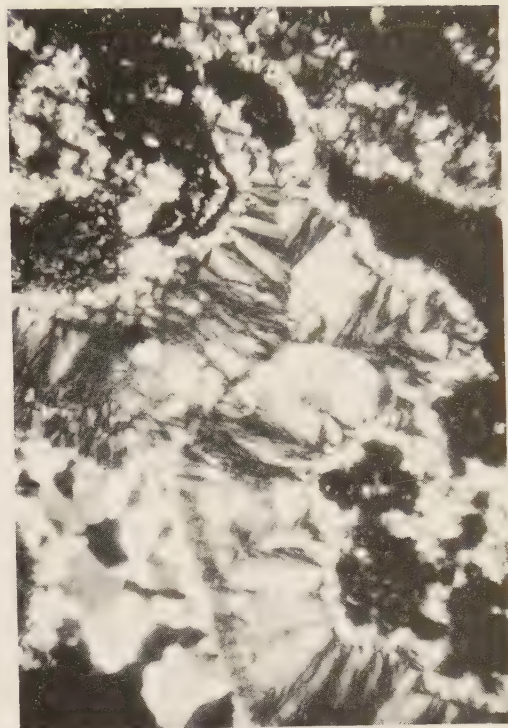
Même roche et même origine que ci-dessus.

La partie inférieure de la photographie montre les sphérolithes.

La partie supérieure, est une zone de silice à extinction roulante. L.P. x 2300.



1



2



3



